



Tesis - KI142502

Strategi Region Merging Berdasarkan Pengukuran Fuzzy Similarity pada Segmentasi Citra

WAWAN GUNAWAN
5115201001

DOSEN PEMBIMBING
Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom., M.Kom.

PROGRAM MAGISTER
BIDANG KEAHLIAN KOMPUTASI CERDAS DAN VISI
JURUSAN TEKNIK INFORMATIKA
FAKULTAS TEKNOLOGI INFORMASI
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017



Thesis - KI142502

Region Merging Strategy Based on Fuzzy Similarity Measurement on Image Segmentation

WAWAN GUNAWAN
5115201001

SUPERVISOR
Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom., M.Kom.

MASTER PROGRAM
INTELEGENCE COMPUTATIONAL AND VISION
DEPARTMENT OF INFORMATICS ENGINEERING
FACULTY OF INFORMATION TECHNOLOGY
INSTITUT TEKNOLOGI SEPULUH NOPEMBER
SURABAYA
2017

Tesis disusun untuk memenuhi salah satu syarat memperoleh gelar
Magister Komputer (M.Kom.)
di
Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya

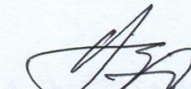
oleh:
Wawan Gunawan
Nrp. 5115201001

Dengan judul :
STRATEGI REGION MERGING BERDASARKAN PENGUKURAN FUZZY
SIMILARITY PADA SEGMENTASI CITRA


Tanggal Ujian : 4-1-2017
Periode Wisuda : 2016 Gasal

Disetujui oleh:

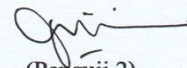
Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom, M.Kom
NIP. 197208091995121001


(Pembimbing 1)


Dr. Eng. Chastine Fatichah, S.Kom, M.Kom
NIP. 197512202001122002


(Penguji 1)

Nini Adni Navastara, S.Kom, M.Sc
NIP. 198510172015042001


(Penguji 2)

Ilqis Amaliah, S.Kom, M.Kom
NIP. 197509172001122002


(Penguji 3)

Direktur Program Pasca Sarjana,

an. Direktur Program Pascasarjana
Asisten Direktur

Prof. Dr. Ir. Tr. Widjaja, M.Eng.
NIP. 196110211986081001



Prof. Ir. Djauhar Manfaat, M.Sc., Ph.D.
NIP. 196012021987011001

STRATEGI REGION MERGING BERDASARKAN PENGUKURAN FUZZY SIMILARITY PADA SEGMENTASI CITRA

Nama Mahasiswa : Wawan Gunawan
NRP : 5115201001
Pembimbing : Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom, M.Kom

ABSTRAK

Metode segmentasi citra semi otomatis dilakukan dengan cara membagi citra menjadi beberapa *region* berdasarkan nilai kemiripan antar fitur-fiturnya. Kemudian pengguna memberikan tanda pada beberapa *region* sebagai *sample* dari *region* objek dan *background*. Selanjutnya *sample region* tersebut digunakan pada proses *region merging* terhadap *region* yang belum ditandai berdasarkan nilai kemiripannya. Beberapa *region* pada citra memiliki nilai informasi yang tidak merata, seperti *blurred contours*, *soft color shades*, dan *brightness*. *Region* tersebut pada penelitian ini kita sebut sebagai *ambiguous region*. *Ambiguous region* menimbulkan permasalahan pada proses *region merging* dikarenakan *region* tersebut memiliki dua nilai informasi yaitu sebagai objek dan *background*. Hal tersebut dapat menimbulkan kesalahan dalam proses segmentasi.

Pada penelitian ini diusulkan strategi *region merging* baru berdasarkan pengukuran *fuzzy similarity* pada segmentasi citra. Metode yang diusulkan memiliki empat tahapan, tahap pertama adalah *region splitting* yang digunakan untuk mendapatkan *intial* segmentasi. Tahap kedua adalah penandaan manual yang dilakukan oleh pengguna untuk menandai *sample* dari *region* objek dan *background* (*user marking*). Tahap ketiga adalah *initial fuzzy region* untuk mendapat inisial seed *background* dan objek. Tahap terakhir adalah proses *region merging* menggunakan pengukuran *fuzzy similarity* dengan memperhitungkan intensitas *gray level* dan fungsi keanggotaan. Berdasarkan hasil uji coba metode yang diusulkan berhasil melakukan segmentasi pada citra natural dan citra gigi dengan rata-rata nilai *misclassification error* 1.96% untuk citra natural dan 5.47 % untuk citra gigi. Selain itu metode yang diusulkan dapat menghasilkan segmentasi yang lebih akurat dibandingkan dengan metode MSRM, Global FSM, dan Semi FSM.

Kata kunci: *ambiguous region*, pengukuran *fuzzy similarity*, segmentasi citra, strategi *region merging*.

[halaman ini sengaja dikosongkan]

REGION MERGING STRATEGY BASED ON FUZZY SIMILARITY MEASUREMENT ON IMAGE SEGMENTATION

By : Wawan Gunawan
NRP : 5115201001
Supervisor : Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom., M.Kom.

ABSTRACT

Semi-automatic method of image segmentation can be done by dividing the image into multiple regions based on the similarity between its features. Then the user gives marks on several regions as a sample of the object region and background region. Furthermore, the sample used in the process of region merging between non-marker regions based on their similarity. Some regions of the image have an unbalance information, such as blurred contours, soft color shades, and brightness. We call those regions as ambiguous region. Ambiguous region cause problems during the process of merging because that region has double information as object and background. This can lead to segmentation error.

Therefore, we proposed new region merging strategy based on fuzzy similarity measurement on image segmentation. The proposed method has four stages; the first stage is region splitting used to get the initial segmentation. The second stage is manual marking by the user to get a sample of the object region and background. The third stage is determining the initial fuzzy region to receive initial seed background and object. The last stage is the process of merging region against non-marker region by determining the optimal threshold to the cluster background region and object region using fuzzy similarity measurement taking into account the gray level intensity and membership function. The proposed method is expected to optimize image segmentation result than other region merging methods. Experimental results demonstrated that the proposed method can be done segmentation for natural and teeth image with the average value of misclassification error (ME) 1.96% and 5.47% respectively. The proposed method can give accurate segmentation result compared with MSRM, Global FSM, and Semi FSM.

Keywords: ambiguous region, fuzzy similarity measurement, image segmentation, region merging strategy.

[halaman ini sengaja dikosongkan]

KATA PENGANTAR

Penulis mengucapkan rasa syukur yang tak berhingga kepada Allah SWT atas segala rahmat, berkah, hidayah, kesehatan dan petunjuk-Nya, sehingga penulis dapat menyelesaikan tesis yang merupakan salah satu syarat dalam menyelesaikan Program Studi Magister di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya.

Terselesaikannya tesis beserta laporannya ini tentunya tak luput dari peran serta berbagai pihak yang telah memberikan bantuan dan dorongan semangat, baik secara langsung maupun tak langsung. Untuk itu, atas segala bantuan yang telah diberikan, penulis mengucapkan terima kasih serta penghargaan yang sebesar-besarnya antara lain kepada:

1. Kedua Orang Tua penulis, Agus Sujana dan Neneng Jubaedah yang senantiasa memberikan motivasi, semangat, dan harapan serta mendoakan penulis demi keberhasilan penulis dalam menyelesaikan studi.
2. Bapak Dr. Agus Zainal Arifin, S.Kom., M.Kom., selaku dosen pembimbing yang telah banyak meluangkan waktu, tenaga dan pikiran dalam membimbing penulis sehingga tesis ini dapat terselesaikan dengan baik, serta membuka wawasan penulis akan luasnya ilmu pengetahuan. Terima kasih banyak atas segala kebaikan Bapak, semoga Allah SWT senantiasa merahmati Bapak dan keluarga.
3. Ibu Dr. Eng. Chastine Fatichah, S.Kom., M.Kom., Ibu Dini Adni Navastara, S.Kom., M.Sc., dan Ibu Bilqis Amaliah, S.Kom., M.Kom. selaku dosen penguji yang telah banyak membantu penulis untuk bisa menjadi lebih baik.
4. Bapak Waskitho Wibisono, S.Kom., M.Eng. Ph.D selaku Ketua Program Pascasarjana Teknik Informatika, dan Bapak Prof. Ir. Supeno Djanali, M.Sc., Ph.D., selaku dosen wali. Serta seluruh dosen S2 Teknik Informatika yang telah memberikan ilmu dan pengetahuan kepada penulis selama menempuh studi.
5. Rizka Wakhidatus Sholikah, S.Kom dan Rarasmaya Indraswari, S.Kom., yang membantu penulis dalam penyusunan laporan tesis.

6. Bapak Asep Rohmat, S.Pd. dan Bapak Dr. Undang Rosidin, beserta seluruh keluarga besar penulis yang telah banyak memberi motivasi dan mendoakan penulis.
7. Hera Febriyani, S.Kom., yang telah banyak memberi motivasi, semangat, dan mendoakan penulis dalam penyusunan laporan tesis.
8. Dika Rizky, Wanvy Saputra, Septiyawan Rosetya Wardhana, Fawwaz Ali Akbar, M. Sonhaji Akbar, Nur Fajri Azhar, Andreyan Baskara, Didih Rizki C. dan semua rekan mahasiswa S2 Teknik Informatika utamanya angkatan 2015 yang telah memberikan bantuannya baik secara langsung maupun tidak langsung.

Semoga Allah SWT memberikan balasan yang setimpal dan selalu memberikan taufik serta hidayah-Nya bagi semua pihak yang telah banyak memberikan bantuan, bimbingan ataupun nasehat-nasehat.

Penulis menyadari bahwa dalam laporan tesis ini masih banyak kekurangan. Karena itu, masukan ataupun saran demi perbaikan dan penerapan tesis ini dimasa mendatang tetap penulis harapkan.

Surabaya, Januari 2017

Wawan Gunawan

DAFTAR ISI

ABSTRAK	i
ABSTRACT	iii
KATA PENGANTAR	v
DAFTAR ISI	vii
DAFTAR GAMBAR	ix
DAFTAR TABEL	xi

BAB I PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang	1
1.2 Perumusan Masalah	3
1.3 Tujuan Penelitian	3
1.4 Manfaat Penelitian	4
1.5 Batasan Masalah	4

BAB 2 DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka	5
2.2 Dasar Teori	8
2.2.1 <i>Region Splitting</i>	8
2.2.1.1 <i>Watershead</i>	8
2.2.1.2 <i>Mean-shift Algortihm</i>	8
2.2.2 Ekstraksi Fitur <i>Region</i>	10
2.2.3 <i>User Marking</i>	10
2.2.4 <i>Region Merging</i>	11
2.2.4.1 <i>Maximal Similarity Region Merging (MSRM)</i>	11
2.2.4.2 <i>Fuzzy Region Similarity</i>	13
2.3 Pengukuran <i>Fuzzy Similarty</i>	16
2.3.1 <i>Fuzzy Set</i>	16
2.3.2 Pengukuran <i>Fuzzy Similarity</i>	18

BAB 3 METODE PENELITIAN

3.1 <i>Region splitting</i>	21
3.2 <i>User marking</i>	22
3.3 Inisialisasi <i>Fuzzy Region</i>	23
3.4 Region Merging	24
3.5 Evaluasi	25

BAB 4 HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

4.1 Hasil Penelitian	27
4.1.1 Data Uji Coba	27
4.1.2 Hasil <i>Region Splitting</i>	28
4.1.3 User Marking	30
4.1.4 Inisialisasi <i>Fuzzy Region</i>	30
4.1.5 <i>Region Merging</i>	31
4.2 Pembahasan	34
4.2.1 Pembahasan <i>Region Splitting</i>	34
4.2.2 Pembahasan User Marking	34
4.2.3 Pembahasan Inisialisasi <i>Fuzzy Region</i>	37
4.2.4 Pembahasan <i>Region Merging</i>	37

BAB 5 KESIMPULAN

5.1 Kesimpulan	45
----------------------	----

DAFTAR PUSTAKA

47

Lampiran 1. Hasil Segmentasi Citra Natural	51
Lampiran 2. Hasil Segmentasi Citra GIGI	55
Lampiran 3. Hasil Segmentasi Citra Natural Berdasarkan Jumlah <i>Marker</i>	59
Lampiran 4. Hasil Segmentasi Citra Gigi Berdasarkan Jumlah <i>Marker</i>	63
Biografi Penulis	71

DAFTAR GAMBAR

Gambar 1.1 Perbedaan transisi warna pada <i>region</i> . A) <i>Ambiguous region</i> , B) <i>Non-ambiguous region</i>	3
Gambar 2.1. Inisial segmentasi menggunakan <i>watershead</i>	7
Gambar 2.2. Urutan pencarian <i>data point</i> (titik konvergen)	8
Gambar 2.3 Tahapan visualisasi <i>Mean-shit Algorithm</i> pada raung fitur (Comaniciu et al., 2002)	9
Gambar 2.4 <i>User interface mean-shif software</i> yang dibuat <i>Edison System</i>	9
Gambar 2.5 Proses <i>user marking</i> (a) <i>MSRM</i> , (b) <i>Graph cut</i>	10
Gambar 2.6 Proses <i>Region merging MSRM</i> (a) iterasi pertama (tahap1), (b) iterasi kedua (tahap1), (c) iterasi pertama (tahap 2), (d) Hasil segmentasi	12
Gambar 2.7. a) inisial <i>seed</i> , b). <i>fuzzy path</i> , c). <i>Output inisial fuzzy region</i>	14
Gambar 2.8. A) <i>Transition between regions</i> , B) <i>Color likeness between Regions</i>	15
Gambar 2.9. Hirarki <i>level</i> pada segmentasi citra (Prados-Suárez et al., 2008)	17
Gambar 2.110. Fungsi keanggotaan <i>Z</i> dan <i>S</i>	18
Gambar 2.11. Inisialisasi <i>fuzzy region</i>	19
Gambar 3.1 Tahapan metode yang diusulkan	21
Gambar 3.2 Hasil <i>region splitting</i> dan proses <i>user marking</i>	22
Gambar 3.3. Ilustrasi penentuan <i>marker region</i>	23
Gambar 3.4 Penentuan <i>S-function</i> dan <i>Z-function</i> pada <i>gray level histogram</i>	24
Gambar 3.3 <i>Region merging</i> berdasarkan pengukuran <i>fuzzy similarity</i>	26
Gambar 4.1 Data uji coba citra natural	28
Gambar 4.2 Data uji coba citra gigi	28
Gambar 4.3 Hasil dari inisial segmentasi	29
Gambar 4.4 Inisialisasi <i>Fuzzy Region</i>	30
Gambar 4.5. <i>Region Merging</i> menggunakan <i>Fuzzy Similarity</i>	31
Gambar 4.6. Hasil Citra tersegmentasi	31
Gambar 4.7 <i>Region Splitting</i> dengan parameter spatial bandwidth: 7	

dan color bandwidth: 3.5, a) Citra Natural dan b) Citra Gigi	35
Gambar 4.8 <i>Region Splitting</i> dengan parameter spatial bandwidth: 40 dan color bandwidth: 6.5, a) Citra Natural dan b) Citra Gigi	35
Gambar 4.9 <i>User Interface System</i> metode yang diusulkan	36
Gambar 4.10 Proses User Marking	36
Gambar 4.11 Penentuan jumlah <i>marker</i> berdasarkan nilai ME pada citra natural dan gigi	37
Gambar 4.12 Pengembangan selanjutnya dalam penentuan <i>parameter</i> optimal V_b dan V_o	39
Gambar 4.13. Hasil Segmentasi citra natural, (a) input citra, (b) inisial segmentasi, (c) grountruth, (d) MSRM, (e) RM-FS	40
Gambar 4.14 Proses <i>region merging</i> MSRM (a) Proses <i>region merging</i> ke-n, (b) hasil <i>region merging</i> ke-n, (c) Hasil segmentasi	41
Gambar 4.15 Hasil segmentasi (a) Inisial segmentasi (b). <i>Binary Region</i> <i>Merging</i> (MSRM), (c). <i>Fuzzy Region Merging</i> (RM-FS)	41
Gambar 4.16 Perbandingan Hasil Segmentasi (A) automatic <i>Fuzzy Similarity</i> , (B) Semi <i>Fuzzy Similarity</i> (C) RM-FS	42

DAFTAR TABEL

Tabel 4.1. Jumlah <i>Region</i> dan Luas Area <i>Region</i> Citra pada Gambar 4.3	29
Tabel 4.2. Nilai <i>fuzzy similarity</i> pada Setiap <i>Region</i> Citra pada Gambar 4.3	32
Tabel 4.3 Hasil perbandingan nilai ME metode yang diusulkan dengan metode MSRM untuk citra Natural	33
Tabel 4.4 Hasil perbandingan nilai ME metode yang diusulkan dengan metode MSRM untuk citra gigi	33
Tabel 4.5 Parameter <i>Mean-shift</i> Software	34
Tabel 4.7 Parameter V_b dan V_o untuk citra Natural	38
Tabel 4.8 Parameter V_b dan V_o untuk citra Gigi	38
Tabel 4.9 Hasil perbandingan citra uji metode RM-FS dengan Global FSM dan Semi FSM pada citra natural, menggunakan <i>misclassification</i> <i>error</i>	43
Tabel 4.10 Hasil perbandingan citra uji metode RM-FS dengan Global FSM dan Semi FSM pada citra gigi, menggunakan <i>misclassification error</i>	43

[halaman ini sengaja dikosongkan]

BAB 1

PENDAHULUAN

1.1 Latar Belakang

Segmentasi merupakan proses dasar dalam pengolahan citra. Secara khusus, segmentasi merupakan proses penting untuk banyak aplikasi seperti *object recognition*, *target tracking*, *content-based image retrieval* dan *medical image processing*. Secara umum, tujuan dari segmentasi adalah membagi citra menjadi *region* yang memiliki fitur homogen atau memiliki karakteristik yang sama misalnya kontur, warna, dan kontras (Forsyth and Ponce J., 2002) (Pavlidis, 1977).

Beberapa metode segmentasi citra telah dikembangkan. Secara umum, metode segmentasi citra dapat dibagi menjadi tiga kategori, yaitu otomatis, semi-otomatis, dan manual (Nguyen et al., 2013). Segmentasi citra otomatis menggunakan fitur warna, tekstur, atau bentuk dari citra yang ditambahkan dengan parameter tertentu dalam proses segmentasi. Metode segmentasi citra otomatis dapat dikategorikan ke dalam beberapa kelompok, yaitu berbasis *histogram*, berbasis tepi, berbasis wilayah (*cluster*), dan teknik *hybrid* (Haris et al., 1998). Namun, proses optimasi perlu dilakukan untuk mendapatkan parameter optimal yang sangat berpengaruh pada akurasi hasil segmentasi (Yao et al., 2013).

Telah dikembangkan beberapa metode segmentasi semi otomatis dimana pengguna memberikan tambahan informasi untuk membantu *system* dalam melakukan proses segmentasi. Dalam segmentasi citra semi-otomatis, pengguna dapat berinteraksi dengan memberikan inputan (*user marking*) yang membantu sistem dalam penentuan daerah objek dan background citra. Beberapa penelitian terkait segmentasi semi otomatis diusulkan oleh (Friedland et al., 2005) (Ning et al., 2010), (Boykov, 2001), (Adams and Bischof, 1994) (Salembier and Garrido, 2000). Penelitian tersebut terbagi menjadi 4 tahapan utama, tahap pertama metode ini akan membagi citra menjadi beberapa *region* kecil (*region splitting*) untuk mendapat inisial segmentasi. Tahap kedua adalah proses *marker* terhadap beberapa *region* oleh user yang dijadikan fitur utama dari daerah *merging background* dan objek (*user marking*). Tahap ketiga adalah inisialisasi fitur *region* yaitu menghitung

setiap *region* berdasarkan fiturnya, seperti fitur warna, sudut, fungsi keanggotaan, *texture*, bentuk, atau ukuran *region*. Tahap terakhir adalah *region merging*, setiap *non-marker region* akan di *merging* terhadap cluster *region merging background* dan objek yang diukur berdasarkan kemiripan antar fiturnya.

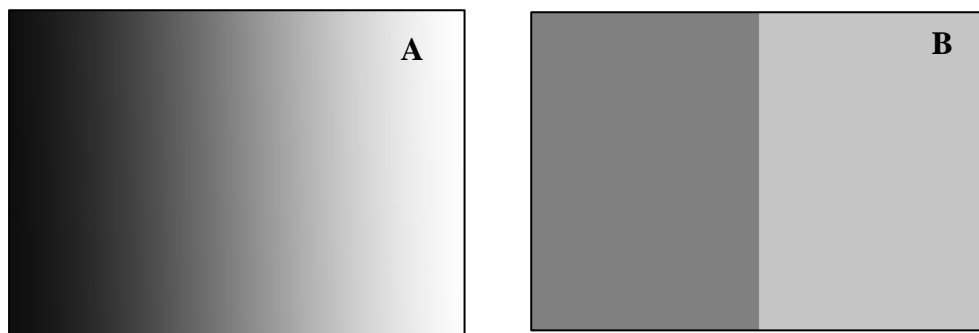
Metode segmentasi otomatis memiliki kelemahan apabila *region* objek dan *background* dari citra tidak memiliki garis pemisah yang jelas sehingga menyebabkan perbedaan persepsi antara hasil segmentasi metode dengan keinginan pengguna. Metode segmentasi semi otomatis dikembangkan untuk mengatasi permasalahan tersebut di mana pengguna memberikan tambahan informasi untuk membantu *system* dalam melakukan proses segmentasi (McGuinness and O'Connor, 2010). Berdasarkan hal tersebut maka pada penelitian ini menggunakan pendekatan segmentasi semi otomatis atau sering disebut juga *interactive image segmentation*.

Beberapa *region* memiliki nilai informasi berbeda yang tidak merata, seperti *blurred contours*, *soft color shades*, dan *brightness* pada penelitian ini disebut sebagai *ambiguous region*. *Ambiguous region* sangat berpengaruh dalam proses *region splitting* karena kemiripan *region* sangat tipis dan sulit untuk dipisahkan. *Ambiguous region* akan dianggap satu *region* walaupun dalam *region* tersebut memiliki 2 nilai informasi yaitu objek dan *background*. Hal tersebut dapat menimbulkan kesalahan dalam proses *region merging* sehingga hasil segmentasi citra kurang begitu baik. Contoh dari *ambiguous region* dapat dilihat pada Gambar 1.1 dimana terdapat 2 *region* pada masing-masing citra. Pada Gambar 1.1(A) merupakan contoh *ambiguous region* dapat kita lihat bahwa kemiripan antar *region* warna sangat tipis (tingkat *fuzziness* tinggi) sehingga akan sulit untuk memisahkan *region* tersebut. Pada gambar 1.1(B) walaupun ke dua *region* tersebut memiliki warna yang mirip namun terdapat garis batas yang jelas antar *region* sehingga *region* pada gambar 1.1(B) tidak memiliki permasalahan *ambiguous region*.

Beberapa penelitian terkait segmentasi semi otomatis diusulkan oleh (Dong et al., 2016) (Sankoh et al., 2016) (Ning et al., 2010). Pada Penelitian tersebut setiap *region* hanya memiliki satu probabilitas dalam proses *region merging* terhadap cluster *merging* atau *background*. Setiap *region* bersipat *crisp fuzzy* (bernilai 1 atau 0), untuk citra yang memiliki daerah *ambiguous region* proses

region merging secara *binary* tidak bisa dilakukan karena *region* memiliki dua nilai informasi objek dan *background* yang bisa menyebabkan *over* segmentasi.

Pada penelitian ini diusulkan strategi *region merging* berdasarkan pengukuran *fuzzy similarity* pada segmentasi citra. Kontribusi pada penelitian ini adalah proses *fuzzy region merging* (FRM) dimana setiap *region* akan *dimerging* berdasarkan pengukuran *similarity (threshold)* terbesar pada setiap *fuzzy region* sehingga *ambiguous region* dapat dipisahkan.



Gambar 1.1 Perbedaan transisi warna pada *region*. (A) *Ambiguous region*, (B) *Non -ambiguous region*.

1.2 Perumusan Masalah

Berdasarkan latar belakang tersebut, perumusan masalah dalam penelitian ini adalah sebagai berikut:

1. Bagaimana melakukan proses *region splitting*?
2. Bagaimana melakukan proses *user marking* pada citra?
3. Bagaimana menentukan inisialisasi *fuzzy region*?
4. Bagaimana melakukan proses *region merging* hingga tersisa 2 *region* yaitu *region* objek dan *background* ?

1.3 Tujuan Penelitian

Tujuan pada penelitian ini adalah mengusulkan segmentasi citra menggunakan strategi *region merging* berdasarkan pengukuran *fuzzy similarity* pada segmentasi citra.

1.4 Manfaat Penelitian

Dengan menggunakan strategi *region merging* berdasarkan pengukuran *fuzzy similarity* pada segmentasi citra diharapkan metode ini dapat mengatasi *ambiguous region* sehingga dihasilkan segmentasi yang lebih optimal, akurat dan *robust*.

1.5 Batasan Masalah

Untuk menghindari meluasnya permasalahan yang akan diselesaikan, maka dalam penelitian ini masalah akan dibatasi pada citra yang akan diuji adalah citra abu-abu (*grayscale*) yang terdiri dari citra natural dan citra panoramik gigi.

BAB 2

KAJIAN PUSTAKA DAN DASAR TEORI

2.1 Kajian Pustaka

Segmentasi adalah proses membagi citra untuk memisahkan daerah objek dan *background*. Secara umum, fitur warna dan *texture* pada citra sangat kompleks sehingga pendekatan segmentasi otomatis untuk memisahkan objek dan *background* sangat sulit dilakukan (Ning et al. 2010). Oleh karena itu, metode segmentasi semi-otomatis dengan menambahkan *user interactions* diusulkan (Ning et al. 2010) (Nguyen et al. 2013) (Friedland et al. 2005) (Sankoh et al. 2016). Sebagai contoh dalam *active countour model* (ACM), yaitu *snake algorithm* (Kass et al. 1988) dengan penambahan inisial *curve* oleh *user* dapat mengoptimalkan pencarian *contour* objek pada citra. Hal yang sama juga dapat dilakukan dalam metode *region merging* (Ning et al. 2010), pemberian tambahan informasi berupa *markers* yang dilakukan oleh *user* maka informasi daerah objek dan *background* dapat diketahui oleh *system* sehingga performa segmentasi dapat ditingkatkan.

Beberapa metode *region splitting* untuk mendapat inisial segmentasi citra (*low level* segmentasi) seperti *mean shift* (Comaniciu et al. 2002), *watershed* (Vincent et al. 1991) dan *super pixel* (Achanta et al. 2012). Inisial segmentasi berfungsi untuk membagi citra menjadi beberapa *region* kecil. Tahapan ini dijadikan sebagai dasar utama sebelum dilakukan proses selanjutnya, seperti *region merging*, *graph cut*, *dsb*. Sebagai contoh (Li et al. 2004) mengusulkan penggabungan *watershead* dan *graph cut* pada proses segmentasi. *Watershead* digunakan untuk mendapatkan inisial segmentasi selanjutnya proses segmentasi menggunakan *graph cut*. Salah satu metode yang cukup populer untuk mendapat inisial segmentasi adalah *mean shift* (Comaniciu et al. 2002). Hasil inisial segmentasi menggunakan algoritma mean-shift menghasilkan hasil yang lebih baik dibandingkan dengan *watershead* karena mempertimbangkan informasi dari sudut objek di ruang *spatial* (Ning et al. 2010).

2.2 Dasar Teori

Pada subbab dasar teori akan diuraikan mengenai konsep dasar tentang teori yang akan digunakan dalam penelitian ini. Pemaparan tersebut meliputi penjelasan tentang *region splitting*, *user marking*, ekstraksi fitur *region*, dan *region merging*.

2.2.1 *Region Splitting*

2.2.1.1 *Watershead*

Watershed adalah salah satu segmentasi berbasis *region* yang menganggap sebuah citra merupakan bentuk tiga dimensi yaitu posisi x, posisi y, dan masingmasing tingkatan warna yang dimilikinya. Posisi x dan y sebagai bidang dasar koordinat piksel dan tingkatan warna berkaitan dengan *gray level* setiap piksel yang makin mendekati warna putih bila *gray level* semakin tinggi. Dengan bentuk topografi tersebut, maka terdapat tiga macam titik yaitu :

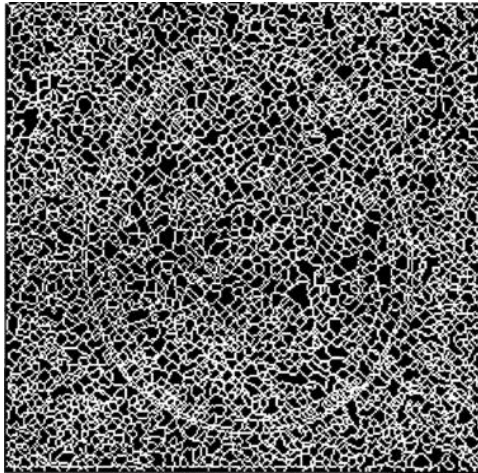
1. Titik *seed* yang merupakan minimum *regional*
2. Titik yang merupakan tempat dimana jika setetes air dijatuhkan, maka air tersebut akan jatuh hingga ke sebuah minimum tertentu.
3. Titik yang merupakan dimana jika air dijatuhkan, maka air tersebut mempunyai kemungkinan untuk jatuh ke salah satu posisi minimum (tidak pasti jatuh ke sebuah titik minimum, tetapi dapat jatuh ke titik minimum tertentu atau titik minimum yang lain).

Watershead merupakan metode *low level* segmentasi dimana perlu dilakukan proses lanjutan untuk mendapatkan hasil segmentasi, seperti proses *region merging* pada Gambar 2.1 menunjukkan inisial segmentasi menggunakan *watershead* (Haris et al. 1998).

2.2.1.2 *Mean-shift Algoritihm*

Algoritma *mean-shift* digunakan untuk mendapat inisial segmentasi, yang akan digunakan pada proses selanjutnya yaitu *region merging*. Dasar dari algoritma ini adalah ide perulangan pergeseran *window* berukuran tertentu yang dihitung berdasarkan nilai *mean/rata-rata* pada citra. Citra dibagi kedalam beberapa *region* berdasarkan *probability density functions gradient* pada citra (Comaniciu et al. 2002). Algoritma *mean-shift* merupakan *nonparametric clustering* yang tidak

memerlukan pengetahuan sebelumnya untuk jumlah *cluster*, dan juga tidak membatasi bentuk *cluster*.



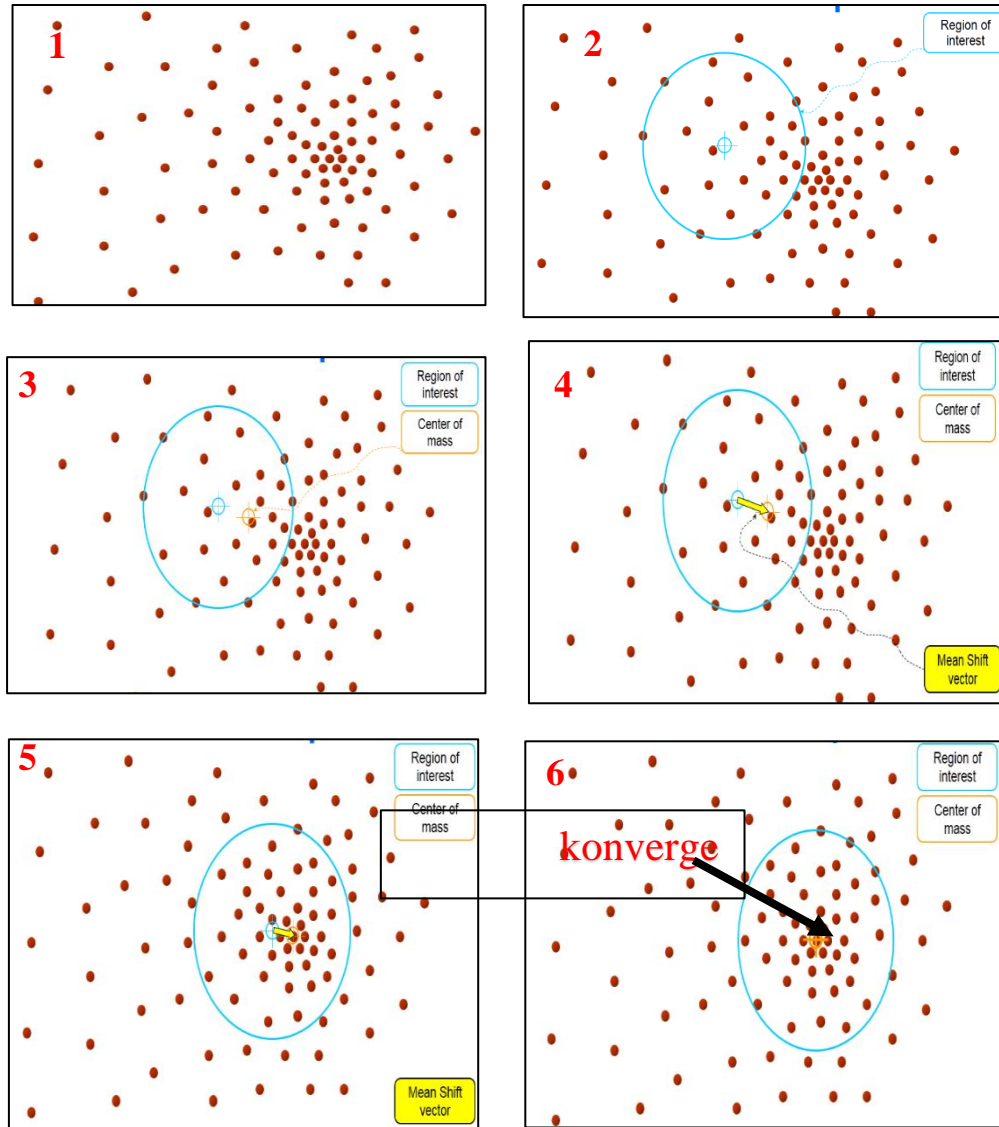
Gambar 2.1. Inisial segmentasi menggunakan *watershead*

Density merepresentasikan distribusi data berdasarkan kriteria tertentu, dengan berbagai *mode* yang dapat dibentuk. Hasil dari algoritma *mean-shift* adalah mencari *mode* yang optimal dari sekumpulan *density*, berdasarkan fungsi kerapatan (*density function*) dalam ruang dimensi (R^d).

Alur proses Algoritma *mean-shift* yaitu *hill-climbing*. Algoritma ini dimulai dengan hasil yang tidak begitu bagus pada awalnya, namun secara bertahap hasil dari algoritma ini akan semakin baik, sehingga pada setiap iterasi akan mempengaruhi hasil algoritma sampai ketemu titik konvergen. Titik konvergen didapat ketika *data point* telah ditemukan hasil yang optimal. Data Point ini disebut *local maxima*, sedangkan data point lain yang berada pada daerah *mode (cluster)* disebut *attraction basin* yang telah didapatkan. Urutan pencarian *data point* ditunjukkan pada Gambar 2.2. Pada Gambar 2.2. menunjukkan ilustrasi *data point* selalu bergeser ke daerah yang mempunyai *density* paling besar dan berakhir sampai *data point* mencapai titik konvergen. Penentuan titik konvergen pada algoritma *mean-shift* dengan menggunakan *kernel density estimation*.

Kernel density estimation digunakan untuk mencari *loaxal maxima* pada setiap pergeseran *region of interest (mode)*. Tiap *mode* merupakan representasi dari suatu *cluster*. Hasil *cluster* yang didapatkan bersifat *deterministic*, karena *mean-*

shift tidak menentukan *step size* parameter untuk menentukan jumlah *cluster* yang diinginkan (*nonparametric*).

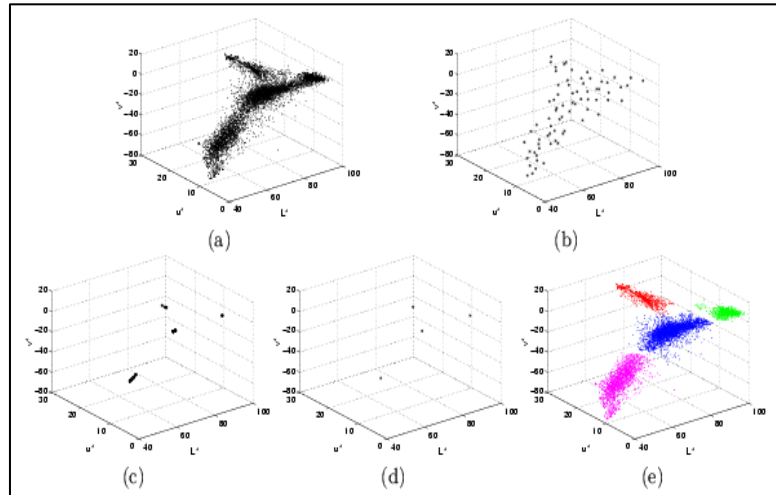


Gambar 2.2. Urutan pencarian *data point* (titik konvergen)

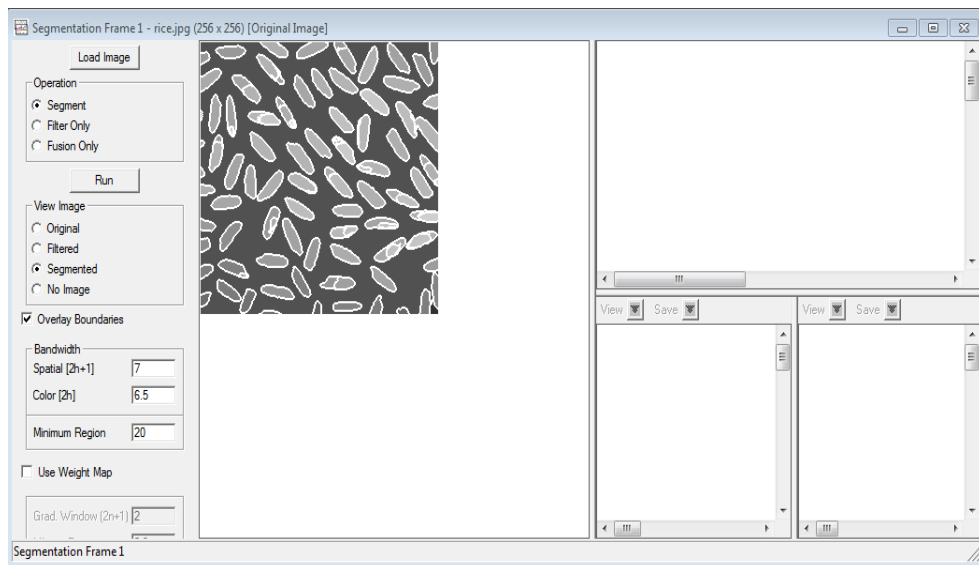
Tahapan prosedur Algoritma *mean-shift* dapat ditentukan sebagai berikut dan untuk visualisasi ditunjukkan pada Gambar 2.3:

1. Menghitung *density function*, dengan memperhitungkan nilai parameter yang digunakan misalnya *mean* dan kovarian.
2. Transisi dari *window*, sejauh vector *mean-shift* yang dapatkan.

3. Periksa apakah setiap iterasi sudah konvergen dan setiap *data point* telah diekspan dan menjadi *attraction basin* dari masing-masing *mode cluster* yang mencakupnya. Jika sudah, hentikan iterasi dan tetapkan *mode* yang didapatkan sebagai *cluster* akhir. Jika belum kembali ke langkah pertama.



Gambar 2.3 Tahapan visualisasi *mean-shift algorithm* pada ruang fitur (Comaniciu et al. 2002)



Gambar 2.4 *User interface mean-shif software yang dibuat Edison System*

Pada penelitian ini *splitting region* menggunakan *mean-shift* segmentasi *software* yang dibuat oleh *Edison System* (Comaniciu et al. 2002). Tampilan *user interface mean-shift algorithm* dapat dilihat pada Gambar 2.4.

2.2.2 Ekstraksi Fitur *Region*

Sebelum dilakukan proses *region merging*, setiap *region* harus dihitung terlebih dahulu berdasarkan fiturnya. Fitur yang bisa digunakan dalam tahap ini adalah fitur warna, sudut, fungsi keanggotaan, *texture*, bentuk, atau ukuran *region*. Seperti pada metode *Maximal Similarity Region Merging* (Ning et al. 2010) menggunakan *histogram* warna RGB dengan menghitung setiap channel kedalam 16 level dan *histogram* dalam ruang fitur menjadi $16 \times 16 \times 16 = 4096$ bins. Pada penelitian (Prados-Suárez et al. 2008) fitur yang digunakan adalah gabungan fitur warna dan fungsi keanggotaan.



Gambar 2.5 Proses *user marking* (a) MSR (Ning et al. 2010), (b) *Graph cut* (Liu et al. 2011)

2.2.3 *User Marking*

Dalam segmentasi semi otomatis (interaktif segmentasi citra) *user* memberikan interaksi terhadap citra berupa *marker*. Selanjutnya setiap *region* yang telah ditandai dilakukan proses ekstraksi fitur untuk mengetahui karakteristiknya. Proses *user marking* merupakan tahapan paling utama dalam *interactive* segmentasi

karena akan berpengaruh pada hasil segmentasi. Setiap algoritma mempunyai cara yang berbeda dalam tahapan *user marking* seperti ditunjukkan pada Gambar 2.5.

Pada Gambar 2.5(a) menunjukkan *user marking* untuk metode MSRM (Ning et al. 2010), dimana sebelum dilakukan *marker* citra dibagi menjadi beberapa *region* kecil, berdasarkan hasil *marker* tersebut akan dilakukan proses *region merging* untuk mendapatkan segmentasi citra. Berbeda untuk Gambar 2.5(b) untuk metode *interactive graph cut* (Liu et al. 2011) tanpa perlu dilakukan proses *region splitting*, proses segmentasi dilakukan menggunakan *active contour*.

2.2.4 Region Merging

2.2.4.1 Maximal Similarity Region Merging (MSRM)

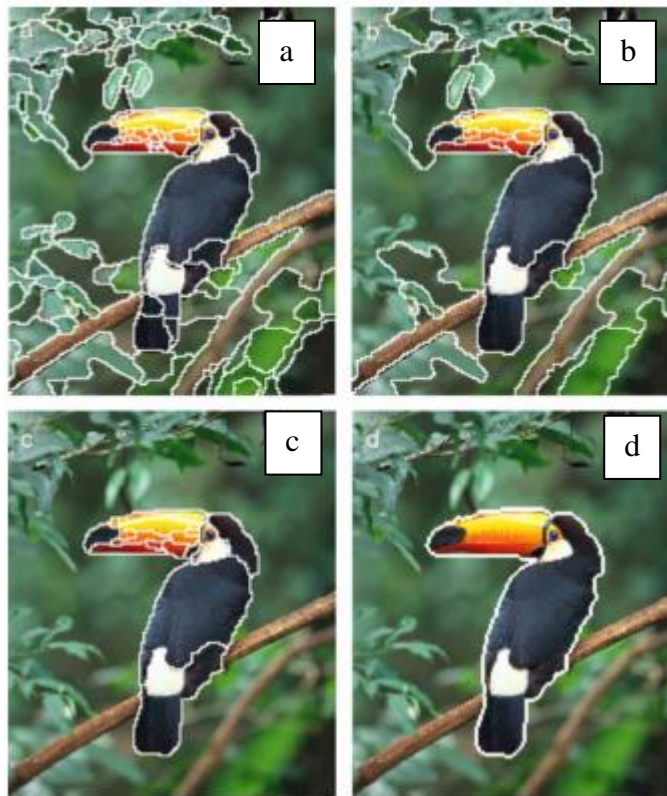
Metode *Maximal Similarity Region Merging* (MSRM) adalah metode *region merging* dengan menghitung *maximal similarity* antar *region* diusulkan oleh (Ning et al. 2010). Pada tahapannya setelah dilakukan tahapan *region splitting* menggunakan *mean-shift* dan *user marking* tahap terakhir pada metode MSRM adalah *region merging*. MSRM merupakan metode segmentasi semi otomatis dimana *interactive user* dilakukan dengan proses *marker*. *Maximal-similarity based region merging* merupakan kontribusi dari penelitian ini dengan tambahan informasi dari *marker region*. Contohnya *region R* akan *dimerging* kepada *region Q* apabila memiliki *similarity* yang besar, dan terus dilakukan secara adaptive terhadap semua *region*.

Fitur yang digunakan pada MSRM adalah *histogram* warna RGB setiap intensitas *pixel* akan di normalisa kedalam 16 *level* untuk setiap *channel* warna selanjunya setiap *region* akan dihitung kedalam ruang fitur *histogram* $16 \times 16 \times 16 = 4096$ bins. Sebelum dilakukan proses *region merging* terhadap *markers region*, terlebih dahulu pengukuran *similarity* antar *region* dilakukan $\rho(R, Q)$ antar *region R* dan *Q* menggunakan *Bhattacharyya coefficient* menggunakan persamaan 2.1.

$$\rho(R, Q) = \sum_{u=1}^{4096} \sqrt{Hist_R^u \cdot Hist_Q^u}, \quad (2.1)$$

dimana $Hist_R^u$ dan $Hist_Q^u$ merupakan normalisasi dari *region* R dan Q, sedangkan u merupakan element *histogram*. Semakin besar nilai *Bhattacharyya coefficient* maka semakin besar *similarity* antar *region* tersebut.

Tahap selanjutnya adalah *user marking* dimana setiap *region* akan di labeli dengan untuk objek disebut sebagai *marker* objek *region* M_O dan *background* disebut *background marker* *region* M_B . Untuk *region* yang tidak ditandai disebut *non-marker region* A_i . Objek dan *background marker* merupakan fitur utama untuk proses *region merging*.



Gambar 2.6 Proses *region merging* MSRM (Ning et al. 2010) (a) iterasi pertama (*merging background*), (b) iterasi kedua (*merging background*), (c) iterasi pertama (*merging objek*), (d) Hasil segmentasi

Pada metode MSRM proses *region merging* dilakukan secara 2 tahap. Tahap pertama untuk pengukuran *similarity* dilakukan di daerah *background* terhadap setiap *region* A_i dapat dihitung menggunakan persamaan 2.2.

$$\rho(A_i, B) = \max_{j=1,2,..,k} \rho(A_i, S_j^{A_i}), \quad (2.2)$$

dimana B merupakan daerah *background* dan $S_j^{A_i}$ merupakan himpunan set *region background* yang telah ditandai sejumlah k . Proses *merging* hanya dilakukan pada *region* yang memiliki nilai *maximal similarity* terbesar. Jadi masih terdapat beberapa *non-marker region* yang masih belum di *merging*.

Tahap ke-2 adalah proses *merging* untuk daerah objek menggunakan persamaan 2.3. untuk setiap *non-marker region* yang tersisa H_i

$$\rho(P, H_i) = \max_{j=1,2,..,k} \rho(H_i, S_j^{H_i}) \quad (2.3)$$

dimana P merupakan daerah objek dan $S_j^{H_i}$ merupakan himpunan set *region* objek yang telah ditandai sejumlah k . Proses *merging* dilakukan sehingga daerah objek dan *background* dapat dipisahkan. Pada Gambar 2.6 menunjukkan proses *region merging* menggunakan MSRM.

2.2.4.2 Fuzzy Region Similarity

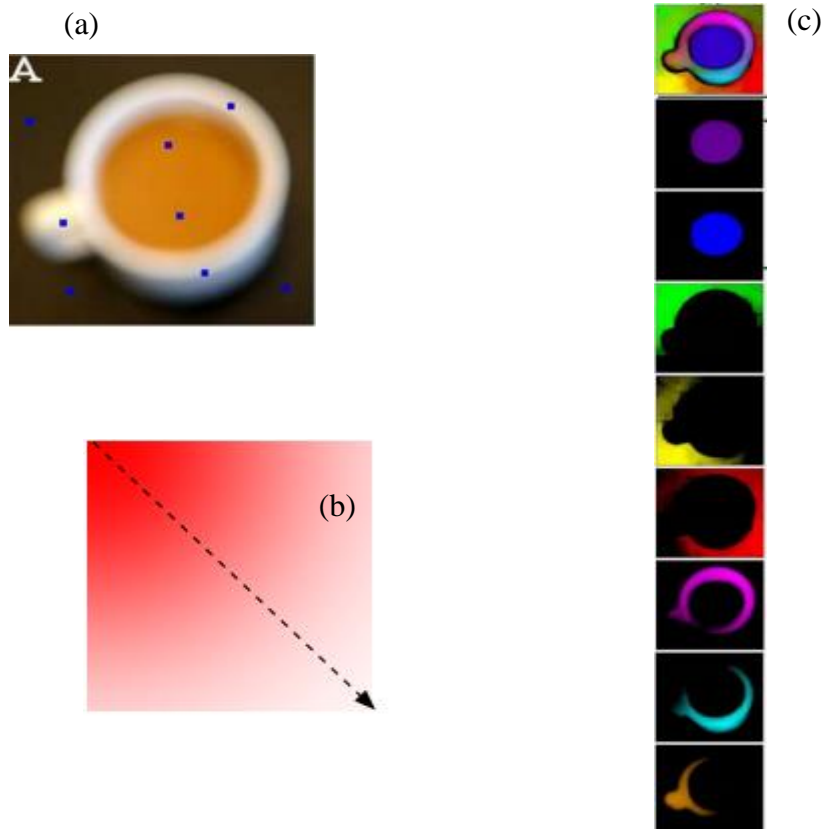
Fuzzy region merging secara hirarki diusulkan oleh (Prados-Suárez et al. 2008) *selling point* dari penelitian ini adalah menghitung hubungan *similarity* antar *fuzzy region* dalam mengatasi *ambiguous region*. Dalam penelitian terdapat 2 tahapan utama yaitu:

A. Inisial Segmentasi

Penentuan inisial *fuzzy region* untuk segmentasi awal diasumsikan telah didapatkan menggunakan algoritma yang sebelumnya penulis usulkan menggunakan teknik *fuzzy path based* segmentasi (Chamorro-Martínez et al. 2005). Penelitian yang diusulkan (Prados-Suárez et al. 2008) berfokus pada strategi *region merging* untuk mengatasi *ambiguous region*.

Citra dibagi menjadi beberapa *fuzzy region* sesuai dengan karakteristiknya, I adalah citra dan hasil *splitting region* $\phi = \{\mathcal{R}_1, \mathcal{R}_2, \dots, \mathcal{R}_n\}$ dimana n adalah jumlah hasil *splitting region*. Penentuan *fuzzy set* untuk setiap *region* \mathcal{R}_x dimulai dari *seed point* (r_x), dimana r_x merupakan perwakilan *seed point* untuk setiap *region*

yang menandakan karakteristik dari *region* tersebut, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7(A). Nilai fungsi keanggotaan dihitung berdasarkan tingkat konektivitas dari jalur optimal *seed point* terhadap setiap *region*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.7(B). Hasil Inisial *fuzzy region* ditunjukkan pada Gambar 2.7(C).



Gambar 2.7. Penentuan inisial segmentasi (Prados-Suárez et al. 2008) a) inisial *seed*, b). *fuzzy path*, c). *Output inisial fuzzy region*

B. *Hierarchy Region Merging*

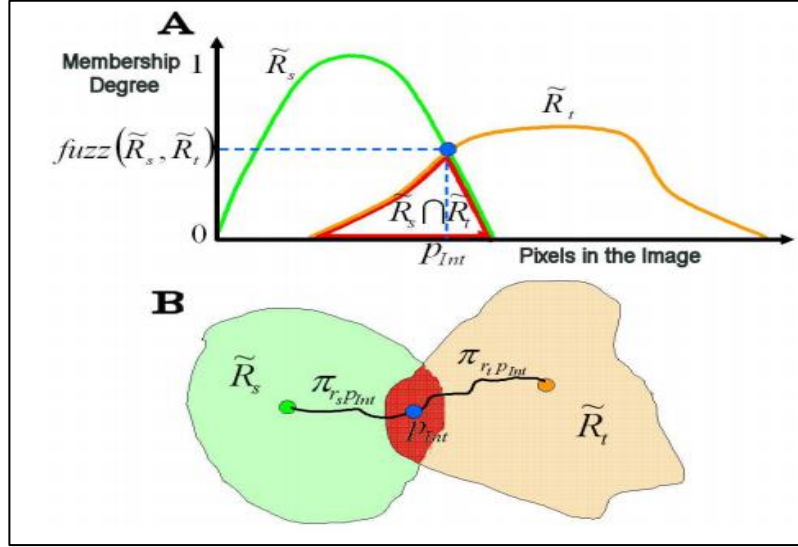
Setelah inisial segmentasi didapat langkah selanjutnya adalah *region merging*, ada 2 informasi yang diintegrasikan dalam proses ini yaitu *transition between regions* dan *color likeness between regions*.

a. *Transition between regions*

Pada tahapan ini adalah menghitung *intersection* (irisan) antara *fuzzy set region* \mathcal{R}_s dan \mathcal{R}_t . Dengan mencari nilai mencari fungsi keanggotaan terbesar pada *intersection pixel* pada *region* \mathcal{R}_s dan \mathcal{R}_t . Fungsi ini dihitung menggunakan persamaan 2.4.

$$fuzz(\mathcal{R}_s, \mathcal{R}_t) = \max\{\min[\mu_{\mathcal{R}_s}(p), \mu_{\mathcal{R}_t}(p)]\}, \quad (2.4)$$

dimana $\mu_{\mathcal{R}_x}$ adalah fungsi keanggotaan untuk setiap *region* dan p adalah *pixel*. Pada Gambar 2.8.(A) menunjukkan proses pencarian fungsi keanggotaan terbesar antara *intersection region* \mathcal{R}_s dan \mathcal{R}_t .



Gambar 2.8. Penentuan nilai *resemblance* (Prados-Suárez et al. 2008) A) *Transition between regions*, B) *Color likeness between Regions*

b. Color Likeness between Regions

Pendekatan selama ini untuk mencari nilai informasi pada *region* yaitu dengan mencari informasi warna pada citra. Pada kasus *ambiguous region* tahapan ini tidak terlalu efektif karena perbedaan warna sangat tipis. Untuk mengatasi masalah ini dengan mengambil informasi karakteristik dari *region* tersebut. Karakteristik informasi yang digunakan adalah optimum *path* antar *seed* pada *region* terhadap *seed point* \mathcal{P}_{Int} untuk merepresentasikan kemiripan antar *region*, seperti ditunjukkan pada Gambar 2.8.(B). *Point* \mathcal{P}_{Int} adalah titik fungsi keanggotaan terbesar yang didapat dari proses $fuzz(\mathcal{R}_s, \mathcal{R}_t)$. Perhitungan *color likeness* antar *path* bisa dihitung menggunakan persamaan 2.5.

$$par(\mathcal{R}_s, \mathcal{R}_t) = 1 - \Delta C(c(\pi_{r_s P_{Int}}), c(\pi_{r_t P_{Int}})) \quad (2.5)$$

dimana $\mathcal{P}_{Int} \in \mathcal{R}_s \cap \mathcal{R}_t$ adalah fungsi keanggotaan terbesar pada *intersection* $\mu_{\mathcal{R}_s \cap \mathcal{R}_t}(\mathcal{P}_{Int}) \geq \mu_{\mathcal{R}_s \cap \mathcal{R}_t}(\mathcal{P}_j), \forall \mathcal{P}_j \in \mathcal{R}_s \cap \mathcal{R}_t$. Nilai $c(\pi_{pq})$ menandakan rata-rata warna pada *path pixel* p dan q yang diperoleh pada inisial segmentasi, dan ΔC merupakan jarak antar *path* tersebut, dengan rentang nilai $[0,1]$.

c. Fuzzy Resemblance between Regions

Setelah mendapat 2 nilai informasi antar *region*, langkah selanjutnya menghitung *resemblance* antar *region*, menggunakan persamaan 2.6.

$$Res_{\phi}(\mathcal{R}_s, \mathcal{R}_t) = \min\{fuzz(\mathcal{R}_s, \mathcal{R}_t), par(\mathcal{R}_s, \mathcal{R}_t)\} \quad (2.6)$$

Nilai *resemblance* diperoleh dengan menghitung hasil paling kecil (minimal) dari *transition between regions* dan *color likeness between regions*.

d. Fuzzy Similarity Measure between Regions

Pengukuran *similarity* antar *region* sim_{ϕ} yang diperoleh dari nilai Res_{ϕ} untuk setiap *region*. Perhitungan *similarity* dapat dihitung menggunakan persamaan 2.7.

$$sim_{\phi}(\mathcal{R}_s, \mathcal{R}_t) = \min\{Res(\mathcal{R}_s, \mathcal{R}_t)\} \quad (2.7)$$

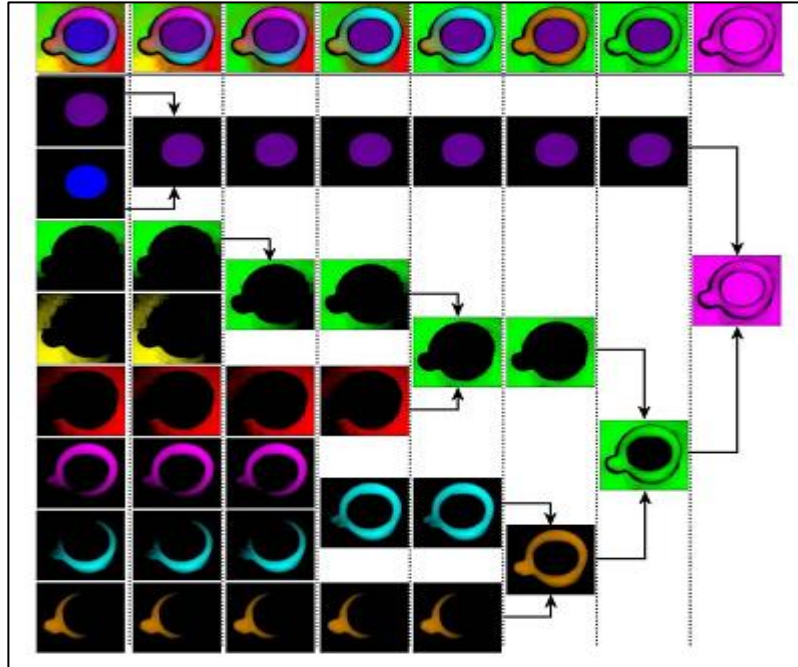
Pada persamaan 2.7., perhitungan *similarity* dilakukan terhadap setiap *region*. Nilai *similarity* terkecil antar *region* maka akan dilakukan proses *merging*. Proses *region merging* ditentukan secara hirarki sesuai dengan jumlah inisial segmentasi. *Region merging* berbasis hirarki (Prados-Suárez et al. 2008) ditunjukkan pada Gambar 2.9.

2.3 Pengukuran Fuzzy Similarity

2.3.1 Fuzzy Set

Logika *fuzzy* pertama kali dikembangkan oleh Prof. Lotfi A. Zadeh, seorang peneliti dari Universitas California. (Zadeh 1965) memperkenalkan teori himpunan *fuzzy* dan *fuzzy logic* sebagai sebuah cara untuk mengatasi masalah ketidaktepatan dan ketidakpastian. Setiap anggota dalam *fuzzy set* memiliki derajat nilai keanggotaan yang menentukan potensi anggota tersebut dapat masuk ke dalam

suatu *fuzzy set*. *Fuzzy set* adalah pengembangan dari logika klasik yang memodelkan segala hal dengan istilah *boolean* (ya dan tidak, 0 dan 1).



Gambar 2.9. Hirarki *level* pada segmentasi citra (Prados-Suárez et al. 2008)

Untuk himpunan semesta U , u adalah anggota dari U maka *fuzzy set* A dapat didefinisikan sebagai berikut dengan persamaan 2.8.

$$A = \{(u, \mu_A(u)) | u \in U\}, \quad (2.8)$$

μ_A adalah fungsi keanggotaan *fuzzy set* A , dimana $\mu_A : U \rightarrow [0,1]$ dan $\mu_A(u)$ adalah derajat keanggotaan u pada *fuzzy set* A .

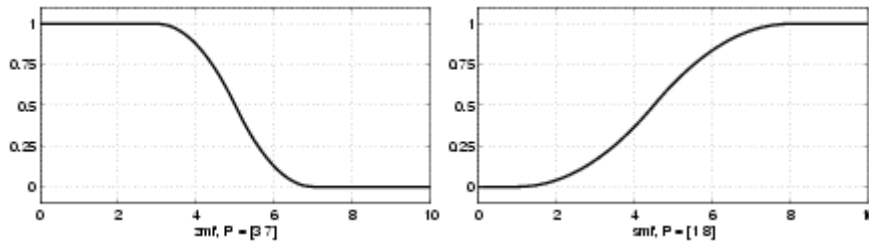
Fungsi keanggotaan (*membership function*) adalah fungsi yang digunakan untuk menunjukkan pemetaan derajat keanggotaan setiap anggota dalam suatu himpunan *fuzzy*. Nilai dari fungsi keanggotaan ini berada dalam rentang $[0,1]$. Fungsi keanggotaan ini yang akan menentukan karakteristik dari derajat keanggotaan setiap anggota pada *fuzzy set*. Penentuan fungsi keanggotaan suatu himpunan *fuzzy* biasanya didefinisikan oleh pakar berdasarkan pengetahuan atau intuisinya (Tizhoosh 2005).

Beberapa penelitian terkait *fuzzy set* juga dapat diaplikasikan pada segmentasi citra (Pratamasunu et al. 2015) (Lopes et al. 2010) (Tobias & Seara 2002). Salah satu penelitian dilakukan oleh Tobias dan Seara (2002) dalam penentuan fungsi keanggotaan pada *histogram*. Fungsi keanggotaan subset objek dan *background* direpresentasikan menggunakan fungsi *s-function* dan *z-function*. Fungsi keanggotaan ini dibentuk berdasarkan kurva polinomial dan dibentuk menyerupai huruf Z dan huruf S yang didefinisikan dengan persamaan 2.9 dan 2.10. Setiap *gray level* pada *histogram* akan mempunyai 2 fungsi keanggotaan yaitu fungsi keanggotaan objek terhadap *background* dan fungsi keanggotaan *background* terhadap objek.

$$\mu_{A_S}(x) = S(x; a, b, c) = \begin{cases} 0, & x < a \\ 2 \left\{ \frac{x-a}{c-a} \right\}^2, & a \leq x \leq b \\ 1 - 2 \left\{ \frac{x-c}{c-a} \right\}^2, & b < x \leq c \\ 1, & x > c \end{cases} \quad (2.9)$$

$$\mu_{A_Z}(x) = Z(x; a, b, c) = 1 - S(x; a, b, c). \quad (2.1)$$

Fungsi keanggotaan Z dan S ditunjukkan pada Gambar 2.10.

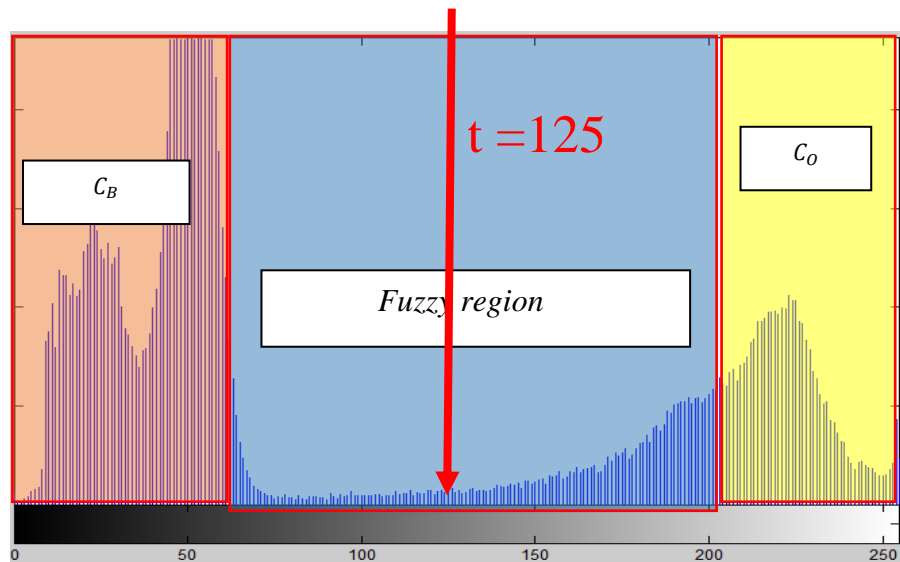


Gambar 2.10. Fungsi keanggotaan *s-function* dan *z-function*

2.3.2. Pengukuran *Fuzzy Similarity*

(Pratamasunu et al. 2015) mengusulkan metode *image thresholding* dengan penentuan *threshold* berdasarkan *similarity* antar *gray level* menggunakan *fuzzy similarity measure* dengan mempertimbangkan fungsi keanggotaan *fuzzy set* dan bentuk *histogram*. Pada penelitian ini, penentuan *fuzzy region* dilakukan secara otomatis berdasarkan *index of fuzziness* terbesar pada setiap *gray level* (Arifin & Asano 2005). Kemudian *histogram* dibagi menjadi *region* objek, *region*

background dan *fuzzy region*, seperti diilustrasikan pada Gambar 2.11. Setiap anggota *gray level* pada *fuzzy region* dihitung menggunakan pengukuran *fuzzy similarity* terhadap *cluster region* objek C_O dan *background* C_B untuk mencari *optimal threshold* (t) pada *fuzzy region* menggunakan pengukuran *fuzzy similarity*.



Gambar 2.11. Inisialisasi *fuzzy region*

Fuzzy similarity measure (Pratamasunu et al. 2015) adalah ukuran kedekatan antar anggota pada suatu *fuzzy set*. Dengan pengukuran ini, dapat diketahui seberapa dekat anggota suatu *fuzzy set* dengan anggota lain yang berada di dalamnya. Ukuran ini dapat dimanfaatkan untuk menentukan keanggotaan suatu elemen terhadap beberapa *fuzzy set* yang ada. Elemen tersebut adalah milik dari *fuzzy set* yang memiliki *fuzzy similarity measure* terbesar karena kesamaan yang dimiliki oleh *fuzzy set* tersebut paling besar.

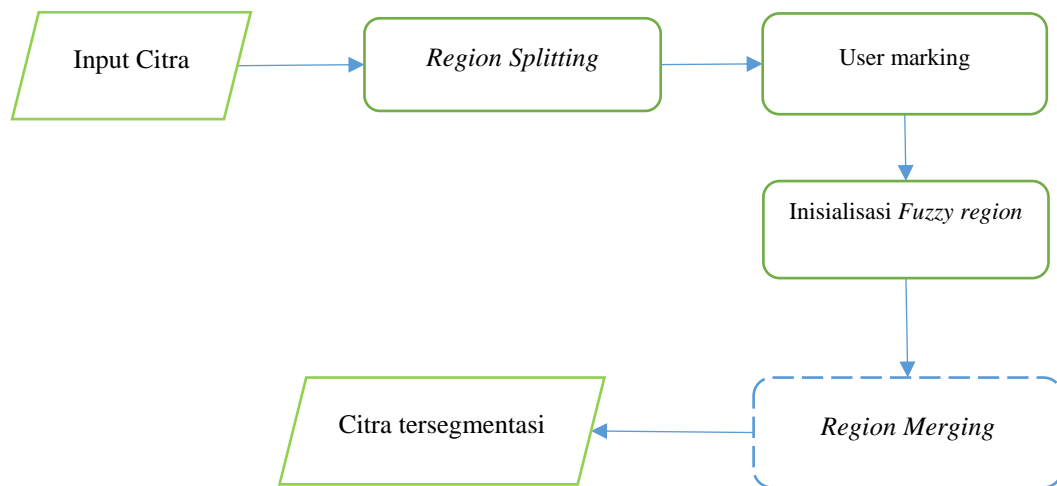
Pengukuran *fuzzy similarity* dapat dilakukan dengan memanfaatkan beberapa *measure of fuzziness* yang telah diusulkan. *Index of fuzziness* dapat digunakan untuk menentukan seberapa *fuzzy* suatu *fuzzy set* dengan membandingkan *fuzzy set* tersebut dengan *near-crisp set*-nya. *Entropy* juga dapat digunakan untuk menentukan seberapa dekat elemen dalam suatu *fuzzy set*. Semakin besar nilai *measure of fuzziness* dalam suatu *fuzzy set*, semakin besar jarak

antaranggota di dalamnya. Semakin besar jarak antaranggota dalam suatu *fuzzy set*, kemungkinan *fuzzy set* tersebut dapat dipisahkan semakin besar.

BAB 3

METODA PENELITIAN

Dalam penelitian ini penulis fokus pada strategi *region merging* untuk mengatasi citra yang memiliki beberapa daerah *ambiguous region*, dengan cara menentukan *optimal threshold* dengan mempertimbangkan *cluster region background* dan objek menggunakan pengukuran *fuzzy similarity*. Pada Gambar 3.1 merupakan tahapan metode yang diusulkan.

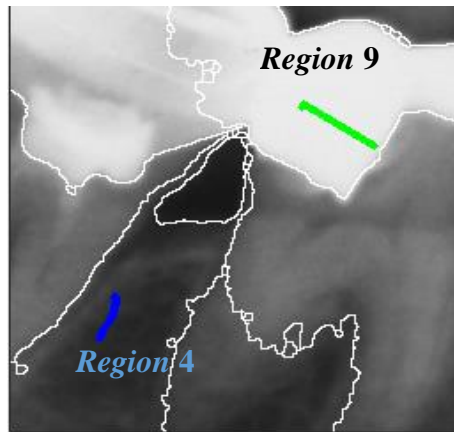


Gambar 3.1 Tahapan metode yang diusulkan

3.1 *Region Splitting*

Region splitting bertujuan untuk mendapat inisial segmentasi dengan membagi citra ke dalam beberapa *region* yang memiliki karakteristik sama. citra (I) dibagi ke dalam r *region*, $I = [1, 2, \dots, r]$, seperti ditunjukkan pada Gambar 3.2. Dalam penelitian ini, *region splitting* menggunakan *mean-shift* segmentasi *software* yang dibuat oleh *Edison System*. Citra dibagi kedalam beberapa *region* berdasarkan probabilitas *density functions gradient* pada Citra. Algoritma ini bermula pada titik tengah atau *data point* di setiap *cluster*, Penentuan jumlah *cluster* dalam citra ditentukan berdasarkan *density* citra. Setiap pergeseran *data point* selalu mengarah pada *pixel* yang paling padat sampai *data point* konvergen untuk setiap *cluster*. Dari

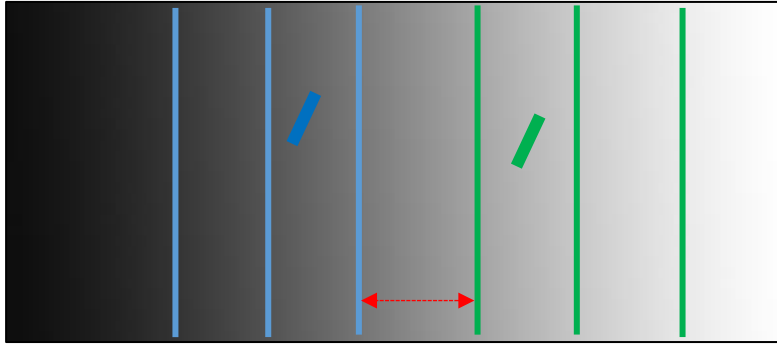
beberapa metode untuk mendapat inisial segmentasi, pada penelitian ini menggunakan *mean-shift*. Dasar penggunaan *mean-shift* adalah hasil dari inisial segmentasi lebih optimal karena mempertimbangkan informasi *spatial* yaitu sudut pada objek citra (Ning et al. 2010).



Gambar 3.2 Hasil *region splitting* dan proses *user marking*

3.2 *User marking*

Pada segmentasi semi-otomatis, pengguna harus memberikan tambahan informasi untuk membantu system dalam proses segmentasi. Pada penelitian ini *user marking* digunakan sebagai cara penambahan informasi *region* objek dan *background*. Pendekatan *interactive* segmentasi semi otomatis sangat sensitiv terhadap kualitas input *user marking* dan jumlah *marker* (Jian & Jung 2016). Pada Gambar 3.2. menunjukan proses *marker region*, warna hijau menandakan daerah *region* objek dan biru untuk *background*. Pada penelitian ini proses *marker* hanya dilakukan satu kali untuk mewakili satu *marker region* objek dan satu *marker region background*. Selanjutnya penentuan *marker region* objek dan *background* ditentukan dengan mencari *region* yang memiliki kemiripan tinggi tinggi, supaya *fuzzy region* atau *ambiguous region* pada citra dapat diukur. Pada Gambar 3.3 megilustrasikan penentuan *marker region* objek dan *marker region background*, pada garis panah merah menunjukan daerah *fuzzy region*. Semakin pendek jarak *fuzzy region* maka tingkat *ambiguous region* pada citra kecil dan semakin panjang jarak *fuzzy region* maka tingkat *ambiguous region* pada citra semakin besar.



Gambar 3.3. Ilustrasi penentuan *marker region*

3.3 Inisialisasi *Fuzzy Region*

Setiap *region* yang telah ditandai sebagai objek dan *background*, maka akan dibentuk *histogram* untuk mencari *cluster region background* C_b dan Objek C_o . Nilai V_B didapat dengan mencari *gray level* paling besar pada *marker region background* C_B . Penentuan V_o didapat dari *gray level* paling kecil dari *marker region* objek C_o . Parameter nilai V_b mempunyai kondisi selalu lebih kecil daripada nilai V_o . Pencarian nilai V_b dan V_o dihitung menggunakan persamaan (3.1-3.3).

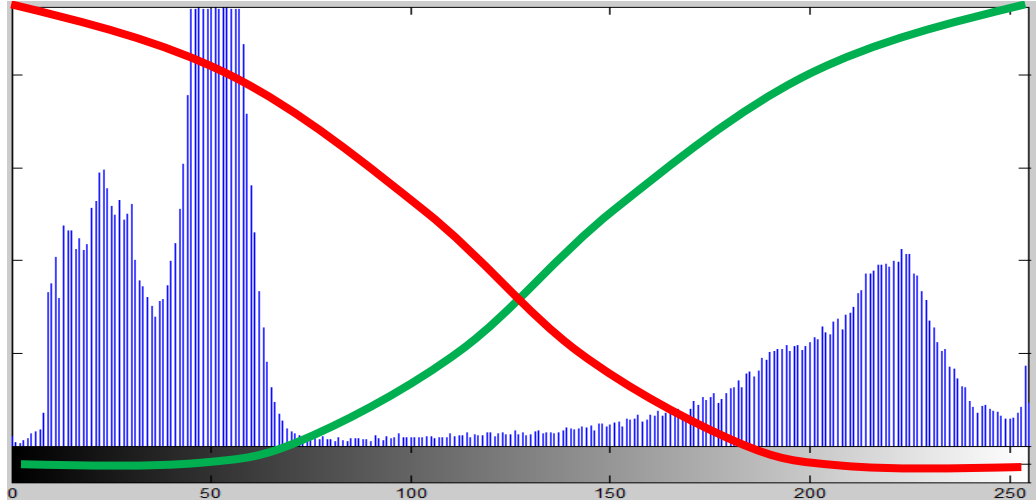
$$V_B = \max(g; C_B) \quad (3.1)$$

$$V_o = \min(g; C_o) \quad (3.2)$$

$$f(x) = \begin{cases} V_B = V_o; V_o = V_B, & V_B > V_o \\ V_B = V_B; V_o = V_o, & \text{otherwise} \end{cases} \quad (3.3)$$

Inisialisasi *fuzzy region* dilakukan dengan cara menghitung fungsi keanggotaan pada seluruh *gray level* pada setiap *region* yang dikontrol berdasarkan titik V_c menggunakan fungsi *S-function* dan *Z-function* yang terinspirasi dari konsep *histogram* pada penelitian (Arifin & Asano 2005). Penentuan fungsi keanggotaan tersebut menggunakan perhitungan *S-function* untuk fungsi keanggotaan *background* μ_B dan perhitungan *Z-function* untuk fungsi keanggotaan objek μ_o menggunakan persamaan 3.4 dan 3.5. Pada Gambar 3.4 mengilustrasikan fungsi *S-function* yang membentuk huruf S dengan garis warna hijau pada *histogram* semakin kecil nilai *gray level* pada *histogram* maka semakin besar fungsi keanggotaan *background* pada *histogram*. Fungsi *Z-function* membentuk huruf Z

dengan warna merah pada *histogram* semakin besar nilai *gray level* maka semakin besar fungsi keanggotaan objek pada *histogram*. Penggunaan *S-function* dan *Z-function* didasarkan karena fungsi tersebut mempertimbangkan fungsi keanggotaan *background* terhadap objek dan juga objek terhadap *background* yang saling bertolak belakang.



Gambar 3.4 Penentuan *S-function* dan *Z-function* pada *gray level histogram*

$$\mu_B(g) = Z(g; v_B, v_C, v_O) \quad (3.4)$$

$$\mu_O(g) = S(g; v_B, v_C, v_O). \quad (3.5)$$

Fuzzy region merupakan daerah *gray level* diantara v_B dan v_O . *Fuzzy region* adalah *ambiguous region* pada citra yang perlu kita *threshold* berdasarkan pengukuran *fuzzy similarity*. Inisial *seed* c_B adalah daerah diantara *gray level* minimum dan v_B pada *histogram*. Sedangkan inisial *seed* c_O adalah daerah diantara v_O sampai *gray level* maximum pada *histogram*.

3.4 Region Merging

Setelah *fuzzy region* ditemukan, langkah selanjutnya adalah *region merging* menggunakan pengukuran *fuzzy similarity* untuk setiap *fuzzy region* $f_{i=i...r} \in F$ dengan inisial *seed* daerah *background* C_B dan objek C_O . Pengukuran yang dilakukan adalah ukuran similaritas antar *gray level* yaitu *fuzzy similarity* yang terinspirasi berdasarkan perhitungan *variance*. Pengukuran *fuzzy similarity*

dihitung berdasarkan similaritas antar *gray level* dengan memeperhitungkan intensitas *gray level*, fungsi keanggotaan dan selisih fungsi keanggotaan dengan ordinal setnya.

Pada Gambar 3.5 menunjukan pengukuran *fuzzy similarity* (δ) yang diusulkan dengan menghitung informasi global inisial subset C_B dan C_O terhadap informasi lokal pada setiap *fuzzy region* f_i pada citra. Nilai δ untuk set $(C_X \cup \{f_{ij}\})$, inisial *seed* suatu daerah C_X , anggota ke- j *gray level* pada *fuzzy region* f_i , *gray level* z , intensitas *gray level* $h(z)$ dapat dihitung menggunakan persamaan 3.6.

$$(C_X \cup \{f_{ij}\}) = \frac{\sum_{z=1}^n (z - P(C_X \cup \{f_{ij}\}))^2}{\sum_{z=1}^n h(z)} \quad (3.6)$$

$$P(A) = \sum_{z=1}^n h(z) \times z \times |(\mu_A(z) - \mu'_A(z))| \quad , \quad (3.7)$$

Fuzzy mean value $P(A)$ merupakan daerah gabungan A dengan memperhitungkan intensitas *gray level* $h(z)$, fungsi keanggotaan $\mu_A(z)$, dan selisih fungsi keanggotaan dengan komplemennya $|(\mu_A(z) - \mu'_A(z))|$ dihitung menggunakan persamaan.

Berdasarkan hasil pengukuran *fuzzy similarity measurement*, setiap *fuzzy region* f_{ij} dapat di *merging* terhadap *cluster background* dan objek berdasarkan nilai *similarity* j terbesar pada *fuzzy region*. Penentuan nilai *similarity* t pada pengukuran δ_{it} dapat dihitung menggunakan persamaan 3.8 dengan mencari indeks terbesar.

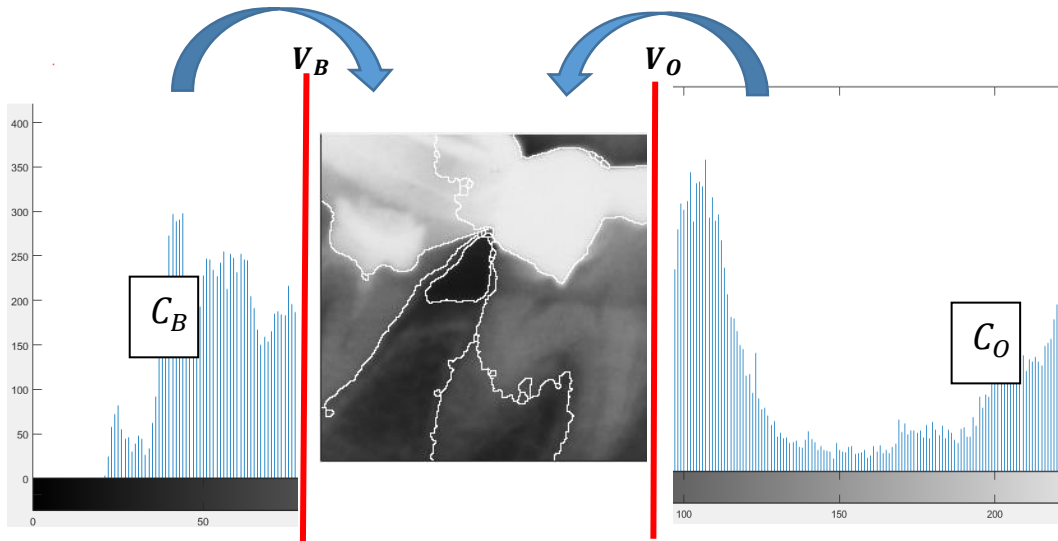
$$\delta_{it} = \operatorname{argmax}(\delta(C_B \cup \{f_{ij}\}) * \delta(C_O \cup \{f_{ij}\})) \quad (3.8)$$

3.5 Evaluasi

Evaluasi yang digunakan adalah dengan membandingkan hasil citra tersegmentasi dari citra uji standar. Hasil citra tersegmentasi akan dibandingkan dengan citra *ground truth* untuk mengetahui performa hasil segmentasi. Pada citra uji standar ini, evaluasi dilakukan menggunakan *misclassification error* yang dihitung berdasarkan persamaan 3.9.

$$ME = 1 - \frac{|B_O \cap B_T| + |F_O \cap F_T|}{|B_O| + |F_O|} \quad (3.9)$$

Dimana B_O dan F_O adalah *background* dan objek dari citra *ground truth*, sedangkan B_T dan F_T adalah hasil citra tersegmentasi. Semakin kecil nilai ME menunjukkan hasil segmentasi suatu metode semakin baik dan mendekati citra *ground truth*.



Gambar 3.5 *Region merging* berdasarkan pengukuran *fuzzy similarity*

BAB 4

HASIL PENELITIAN DAN PEMBAHASAN

Pada bab ini dipaparkan penjelasan tentang implementasi metode *region merging* berdasarkan pengukuran *fuzzy similarity*. Hasil uji coba metode yang diusulkan juga disajikan sesuai dengan skenario pengujian yaitu uji coba pada citra gigi dan citra natural. Evaluasi dan pembahasan metode yang diusulkan berdasarkan hasil uji coba akan dipaparkan pada akhir bab ini.

4.1 Hasil Penelitian

Implementasi metode yang diusulkan dilakukan dengan membuat fungsi dan *script* pada ruang kerja Matlab untuk setiap tahapan metode yang telah dijelaskan pada Bab 3. Pada subbab ini akan ditunjukkan hasil implementasi untuk setiap tahapan yang disertai potongan-potongan fungsi yang penting.

Lingkungan uji coba dan evaluasi merupakan komputer tempat uji coba Metode yang diusulkan. Spesifikasi perangkat keras yang digunakan untuk melakukan uji coba terdiri dari *processor* berjenis Intel(R) Core(TM) i3-2370M CPU @ 2.40 GHz, dengan kapasitas memori (RAM) sebesar 4.00 GB. Perangkat lunak yang digunakan adalah sistem operasi Microsoft Windows 7 Ultimate 64 Bit dan Matlab R2015b.

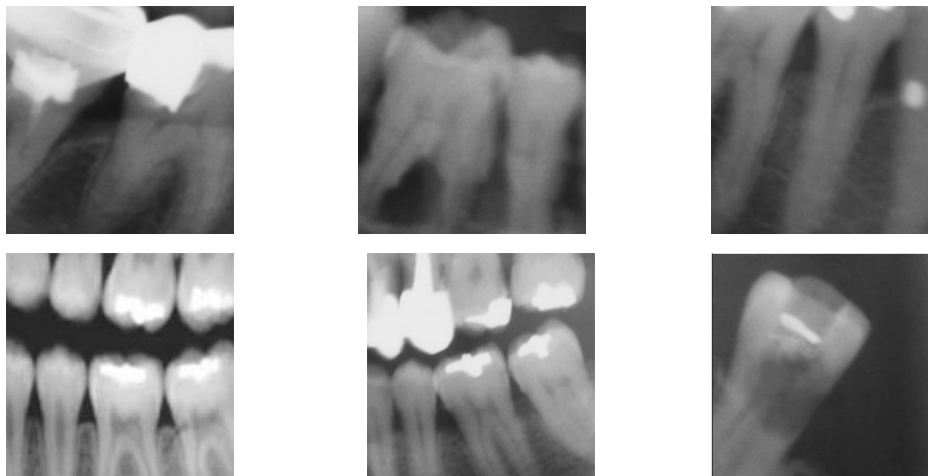
4.1.1 Data Uji Coba

Input Citra yang digunakan pada penelitian ini terdiri dari 2 jenis yaitu Citra natural dan Citra Gigi. Citra uji natural adalah citra yang berasal dari objek dunia nyata dengan berbagai latar belakang objek yang berbeda. Citra gigi diperoleh dari Rumah sakit Universitas Airlangga dengan kisaran umur pasien 49 sampai 82 tahun. keseluruhan citra uji merupakan citra *grayscale* dengan ukuran 256 x 256 *pixel*.

Jumlah citra uji adalah citra natural 10 dan 15 citra gigi. Keseluruhan citra uji merupakan citra *grayscale* format BMP. Gambar 4.1 dan Gambar 4.2 menggambarkan contoh-contoh data citra yang digunakan dalam penelitian ini.



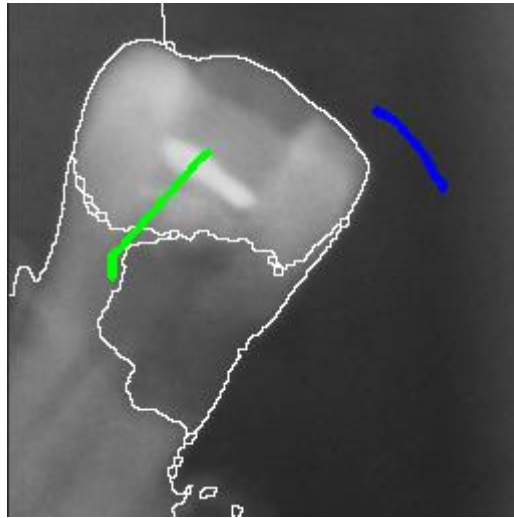
Gambar 4.1. Data uji coba citra natural



Gambar 4.2. Data uji coba citra gigi

4.1.2 Hasil *Region Splitting*

Region splitting bertujuan untuk mendapat inisial segmentasi dengan membagi citra ke dalam beberapa *region* yang memiliki karakteristik sama. citra (I) di *split* ke dalam seperti ditunjukkan pada Gambar 4.3. Dalam penelitian ini, *splitting region* menggunakan *mean-shift* segmentasi *software* yang dibuat oleh *Edison System*. Hasil inisial segmentasi akan sangat berpengaruh pada proses selanjutnya, apabila terjadi over segmentasi pada saat proses *region splitting* maka hasil segmentasi akhir pada saat proses *region merging* akan terjadi over segmentasi



Gambar 4.3 Hasil dari inisial segmentasi dan *user marking*

Tabel 4.1. Jumlah *Region* dan Luas Area *Region* Citra pada Gambar 4.3

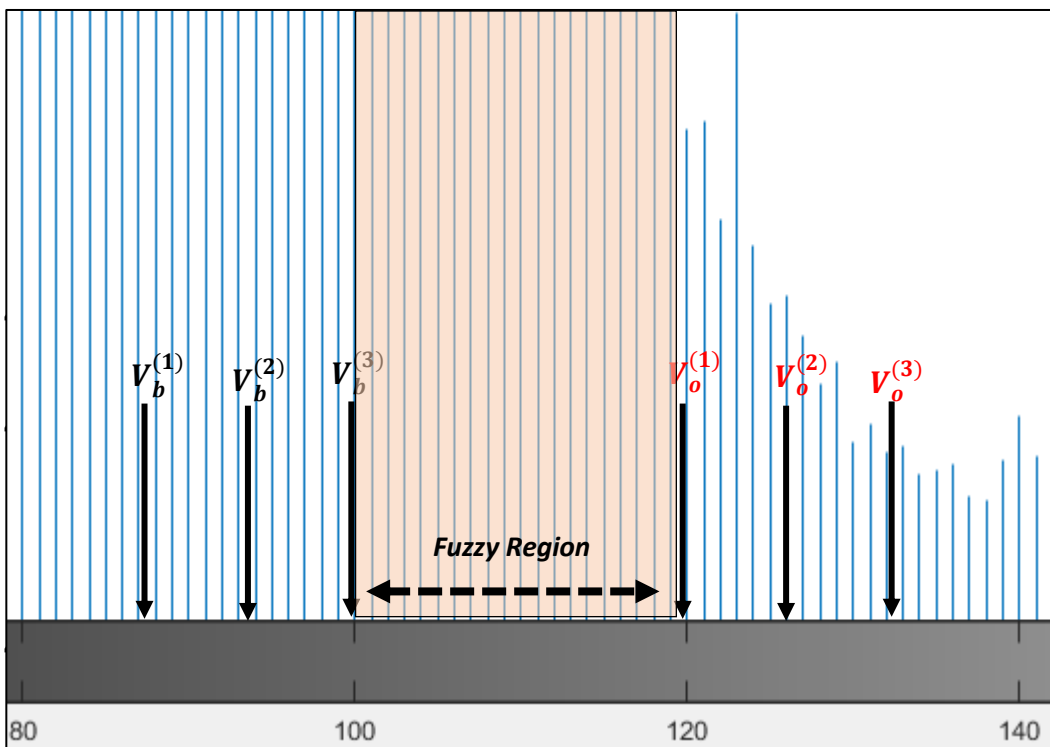
No	<i>Region</i>	Luas Area (pixel)
1	<i>Region 1</i>	5447
2	<i>Region 2</i>	9560
3	<i>Region 3</i>	11417
6	<i>Region 6</i>	13
7	<i>Region 7</i>	9
8	<i>Region 8</i>	13
9	<i>Region 9</i>	10
10	<i>Region 10</i>	6150
11	<i>Region 11</i>	32818
12	<i>Region 12</i>	6
13	<i>Region 13</i>	11
14	<i>Region 14</i>	8
15	<i>Region 15</i>	7
16	<i>Region 16</i>	12
17	<i>Region 17</i>	18
18	<i>Region 18</i>	13
19	<i>Region 19</i>	7

Pada Tabel 4.1. menunjukan jumlah *region* yang terbentuk beserta luas area (*pixel*) *region*. Masing-masing *region* yang terbentuk akan dihitung menggunakan *fuzzy similarity*, hingga tersisa 2 *cluster region* yaitu *region* objek dan *background*

4.1.3 Hasil *User marking*

Pada segmentasi semi-otomatis, pengguna harus memberikan tambahan informasi untuk membantu *system* dalam proses segmentasi. Pada penelitian ini *user marking* digunakan sebagai cara untuk penambahan informasi *cluster region* objek dan *background*. Pada Gambar 4.3 menunjukkan proses *marker region*, warna hijau menandakan *cluster region* objek dan biru untuk *background*.

4.1.4 Inisialisasi *Fuzzy Region*

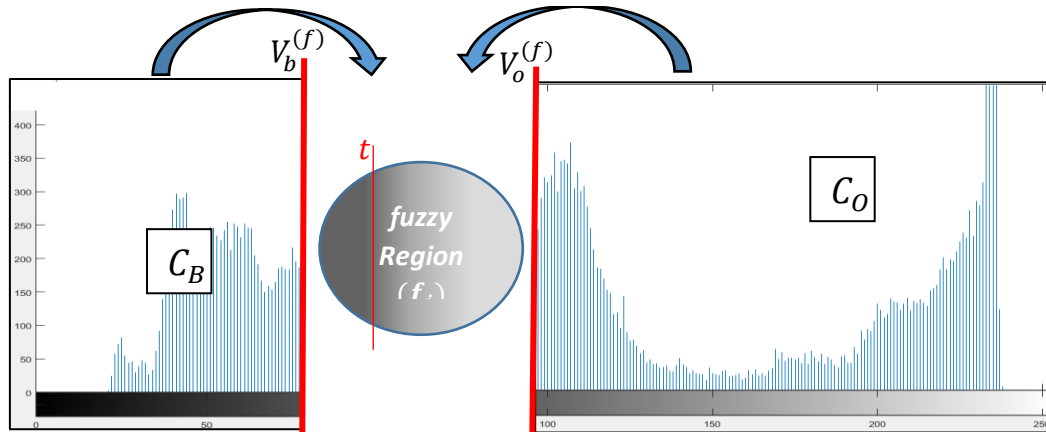


Gambar 4.4 Inisialisasi *fuzzy region*

Pada tahapan ini bertujuan untuk mendapat inisialisasi *fuzzy region*, dimana setiap *region* yang telah ditandai sebagai objek dan *background*, akan di cari parameter $V_b^{(f)}$ dan $V_o^{(f)}$ yang nantinya akan digunakan pada tahap *region merging*. Nilai $V_b^{(f)}$ didapat dengan mencari *gray level* paling besar pada *cluster background* C_b dan $V_o^{(f)}$ didapat dari *gray level* paling kecil dari *marker objek* C_o . Pada gambar 4.4 menunjukkan ilustrasi penentuan parameter $V_b^{(f)}$ dan $V_o^{(f)}$. Nilai

intensitas diantara $V_b^{(f)}$ dan $V_o^{(f)}$ merupakan daerah *fuzzy region* yang merupakan daerah *ambiguous region* pada citra.

4.1.3 Region Merging



Gambar 4.5. Region merging menggunakan fuzzy similarity



Gambar 4.6. Hasil citra tersegmentasi citra pada Gambar 4.3

Setelah *fuzzy region* ditemukan, langkah selanjutnya adalah *region merging* menggunakan pengukuran *fuzzy similarity* untuk setiap *fuzzy region* $f^i \in F$ dengan inisial *seed* daerah *background* C_B dan objek C_O yang diilustrasikan pada Gambar 4.5. Pengukuran yang dilakukan adalah ukuran similaritas antar *gray level* yaitu *fuzzy similarity* yang terinspirasi berdasarkan perhitungan *variance*. Pengukuran *fuzzy similarity* dihitung berdasarkan similaritas antar *gray level* dengan memeperhitungkan intensitas *gray level*, fungsi keanggotaan dan selisih fungsi keanggotaan dengan ordinal setnya.

Tabel 4.2. Nilai *fuzzy similarity* pada Setiap *Region* Citra pada Gambar 4.3

No	Region	Nilai <i>fuzzy similarity</i>
1	Region 1	90
2	Region 2	72
3	Region 3	72
4	Region 4	72
5	Region 5	72
6	Region 6	72
7	Region 7	72
8	Region 8	72
9	Region 9	91
10	Region 10	72
11	Region 11	75
12	Region 12	72
13	Region 13	72
14	Region 14	72
15	Region 15	72
16	Region 16	72
17	Region 17	72
18	Region 18	72
19	Region 19	72

Pada Tabel 4.2. menunjukan nilai *fuzzy similarity* pada citra Gambar 4.3 untuk setiap *region* dan pada Gambar 4.6 menunjukan hasil hasil citra tersegmentasi. Citra hasil segmentasi metode yang diusulkan diukur berdasarkan nilai *misclassification error* (ME) menggunakan persamaan (3.13) kemudian hasil segmentasi dibandingkan dengan citra hasil segmentasi metode MSRM (Ning, Zhang, Zhang, *et al.* 2010). Perbandingan evaluasi hasil segmentasi dari metode yang diusulkan dengan metode MSRM dari hasil implementasi berdasarkan nilai ME ditunjukkan pada Tabel 4.3 untuk citra natural dan citra gigi pada Tabel 4.4.

Berdasarkan Tabel 4.3 dan Tabel 4.4 metode yang diusulkan yaitu *region merging* berdasarakan pengukuran *fuzzy similarity* (RM-FS) memberikan performa yang lebih baik dibandingkan dengan metode MSRM. Hal ini ditunjukkan dengan nilai ME metode yang diusulkan pada citra natural dan citra gigi. Dengan rata-rata *error* 4.55% untuk citra natural dan 5.46% citra gigi. Dapat disimpulkan bahwa

metode yang diusulkan lebih tahan terhadap gangguan *ambiguous region* khususnya pada citra gigi.

Tabel 4.3 Hasil Perbandingan Nilai ME Metode yang Diusulkan dengan Metode MSRM pada Citra Natural

No	Citra	Misclassification Error (%)	
		MSRM	RM-FS
1	Natural 1	1.11	0.77
2	Natural 2	7.60	7.52
3	Natural 3	2.12	2.82
4	Natural 4	1.31	2.29
5	Natural 5	1.29	0.51
6	Natural 6	0.84	0.72
7	Natural 7	0.91	0.98
8	Natural 8	1.09	0.54
9	Natural 9	1.65	0.31
10	Natural 10	2.48	3.16
Rata-rata		2.04	1.96

Tabel 4.4 Hasil Perbandingan Nilai ME Metode yang Diusulkan dengan Metode MSRM pada Citra Gigi

NO	Citra	Misclassification Error (%)	
		MSRM	RM-FS
1	Gigi 1	33.47	14.38
2	Gigi 2	17.37	7.70
3	Gigi 3	6.10	5.95
4	Gigi 4	5.67	3.01
5	Gigi 5	11.57	8.82
6	Gigi 6	14.19	10.24
7	Gigi 7	31.17	9.06
8	Gigi 8	15.64	9.42
9	Gigi 9	3.99	3.97
10	Gigi 10	1.97	2.38
11	Gigi 11	4.26	1.09
12	Gigi 12	0.93	1.00
13	Gigi 13	3.79	3.78
14	Gigi 14	0.54	0.53
15	Gigi 15	0.68	0.68
Rata-Rata		10.08	5.47

4.2 Pembahasan

4.2.1 Pembahasan *Region Splitting*

Region Splitting menggunakan *mean-shift software* dari Edison system telah berhasil diimplementasikan untuk mendapat inisial segmentasi. Citra dapat terbagi ke dalam beberapa *region* yang homogen. Terdapat 2 *parameter* yang harus diinputkan untuk aplikasi ini yaitu *spatial* dan *Color*, pada Tabel 4.5., menunjukan setingan *parameter* yang diuji cobakan secara empiris.

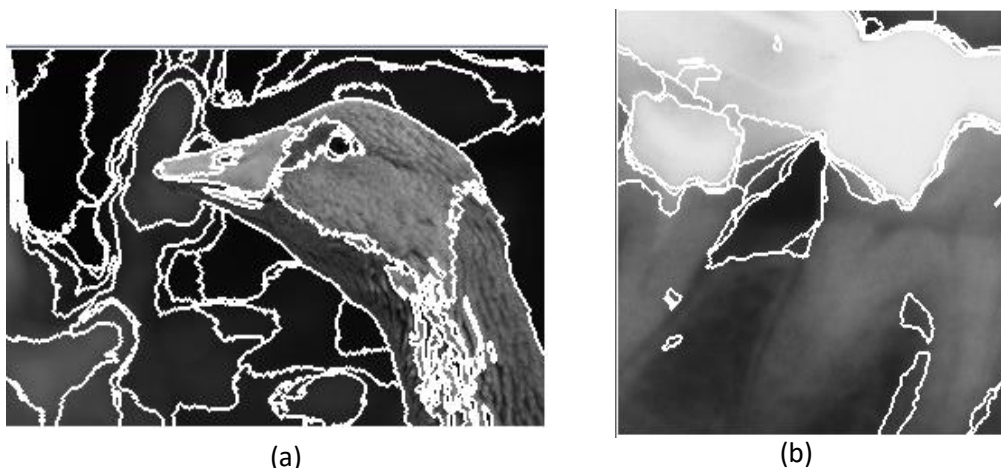
Pada Gambar 4.7 menunjukan dengan *parameter spatial bandwidth: 7* dan *color bandwidth: 3.5* yang digunakan pada citra natural dan citra gigi. Pada Gambar 4.7 untuk citra (a) hasil *region splitting* menghasilkan hasil yang cukup baik dimana setiap *region* mempunyai sudut yang jelas. Namun hasil berbeda untuk citra (b), hasil *region splitting* menunjukan hasil yang tidak konsisten dimana beberapa *region* memiliki sudut yang tidak jelas. *Parameter* berbeda diinputkan untuk citra yang sama seperti ditunjukan pada Gambar 4.8 hasil untuk citra (a) cenderung konsisten dimana setiap sudut *region* dapat dilihat yang berbeda hanya jumlah *region* yang terbentuk. Namun untuk Citra (b), masih terdapat beberapa *region* yang *over* segmentasi meskipun lebih baik dari hasil sebelumnya. Permasalahan pada proses *region splitting* untuk citra (b) disebabkan karena pada citra tersebut memiliki *ambiguous region* sehingga hasil dari inisial segmentasi terjadi *over* segmentasi dan perlu dilakukan beberapa kali percobaan untuk mencari *parameter* yang optimal.

Tabel 4.5 *Parameter Mean-shift Software*

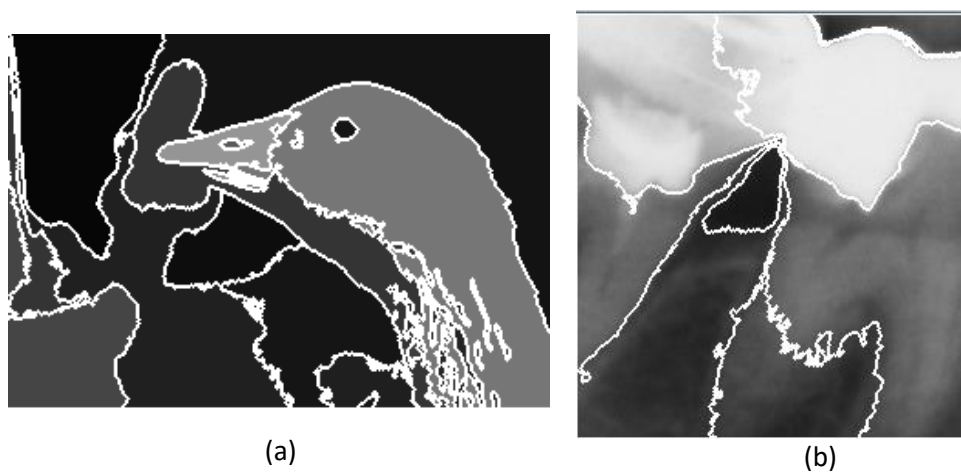
Citra	<i>Spatial Bandwidth</i>	<i>Color Bandwidth</i>
Citra Natural	7 sampai 20	3.5 sampai 6.5
Citra Gigi	20 sampai 50	4.5 sampai 5.5

4.2.2 Pembahasan *User marking*

User marking berhasil diimplementasikan pada tahapan penelitian ini. Pada Gambar 4.9 menunjukan tampilan *user interface system* tentang cara menggunakan *user marking* pada *system*. Semakin bagus hasil *region splitting* maka semakin mudah kita melakukan *user marking* karena objek dan *background* sudah terpisahkan dengan jelas seperti ditunjukan pada Gambar 4.10.



Gambar 4.7 *Region Splitting* dengan *parameter spatial bandwidth: 7* dan *color bandwidth: 3.5*, a) Citra Natural dan b) Citra Gigi



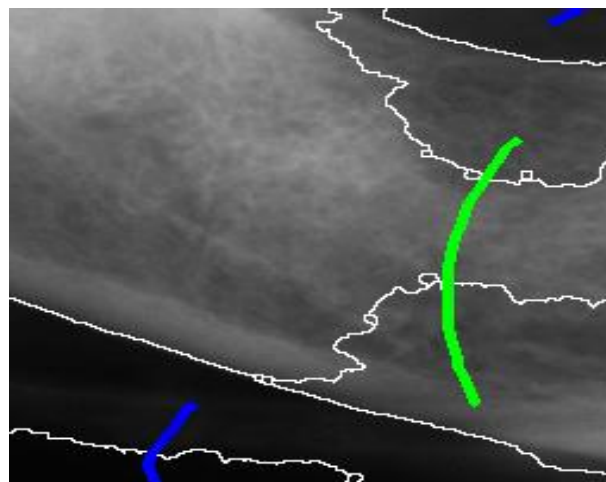
Gambar 4.8 *Region Splitting* dengan *parameter spatial bandwidth: 40* dan *color bandwidth: 6.5*, a) Citra Natural dan b) Citra Gigi

Pendekatan interaktif segmentasi sangat sensitif terhadap kualitas input *user marking* dan jumlah *marker*. Untuk menghasilkan segmentasi yang akurat proses *user marking* yang dilakukan pada citra tentunya akan berbeda tergantung algoritma yang digunakan. Fenomena ini menjadi perhatian utama dalam penentuan jumlah *marker* yang diberikan karena setiap algoritma tersebut dapat mengambil keuntungan dalam proses *marker* yang akan digunakan sebagai *parameter* (Jian & Jung 2016).

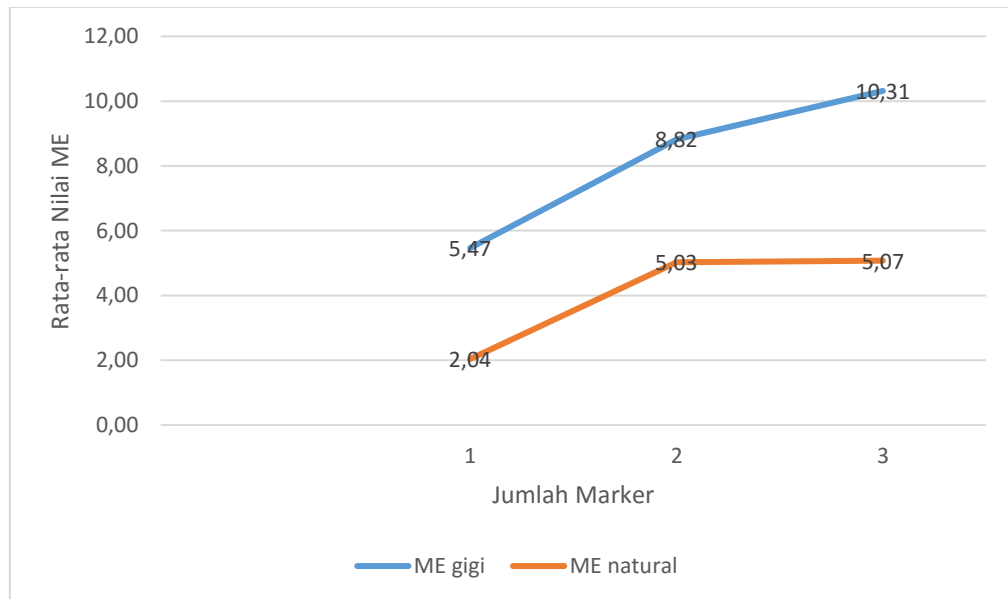
Grafik pada Gambar 4.11 menunjukkan jumlah *marker* berdasarkan rata-rata nilai ME pada citra natural dan citra gigi berdasarkan hasil uji coba. Jumlah *marker*, satu *marker* untuk objek dan satu *marker* untuk *background* menunjukkan nilai ME paling kecil dibandingkan dengan dua dan tiga *marker*. Penentuan parameter V_b dan V_o pada *marker region* sangat sensitif terhadap *noise* dan *outlier* khususnya pada citra yang memiliki *ambiguous region*. Oleh karena itu semakin banyak *region marker* maka semakin sulit menentukan fuzzy *region*. Hasil dari percobaan jumlah *markers* yang dilakukan dapat dilihat pada Lampiran III dan Lampiran IV.



Gambar 4.9 User Interface system metode yang diusulkan



Gambar 4.10 Proses user marking



Gambar 4.11 Penentuan jumlah *marker* berdasarkan nilai ME pada citra natural dan gigi

4.2.3 Pembahasan Inisialisasi *Fuzzy Region*

Pencarian *fuzzy region* atau *ambiguous region* pada citra dilakukan dengan cara mencari gray level paling besar pada *cluster background* C_b dan gray level paling kecil untuk *cluster* objek C_o . Pada Tabel 4.7 dan Tabel 4.8 menunjukkan nilai V_b dan V_o untuk citra natural dan citra gigi secara berurutan. Pengembangan selanjutnya dalam penentuan inisialisasi *fuzzy region* adalah dengan mencari optimal V_b dan V_o dari beberapa *region* yang termarker. Penentuan tersebut terinspirasi konsep hierarchical *cluster* yang diusulkan oleh (Arifin & Asano 2006) dengan menghitung *inter-class variance* dan *intra-class variance* pada daerah *cluster* C_b dan C_o seperti diilustrasikan pada Gambar 4.12.

4.2.4 Pembahasan *Region Merging*

Proses *region merging* berhasil diimplementasikan pada citra natural dan citra gigi. Output dari proses *region merging* adalah pemisah daerah *background* dan objek. Pada Gambar 4.13 menunjukkan perbandingan hasil segmentasi metode RM-FS yang diusulkan dengan MSRM dengan *user marking* yang sama. Pada Gambar 4.13(c) menunjukkan *ground truth* citra dimana terdapat 2 objek, hasil

segmentasi metode yang diusulkan pada Gambar 4.13(e) menunjukan bahwa 2 objek pada citra dapat diklasifikasi namun masih terdapat beberapa *noise*. Permasalahan *noise* tersebut terjadi karena nilai *grayscale* pada daerah *background* mempunyai nilai *gray level* yang sama dengan objek.

Tabel 4.7 Parameter V_b dan V_o untuk citra Natural

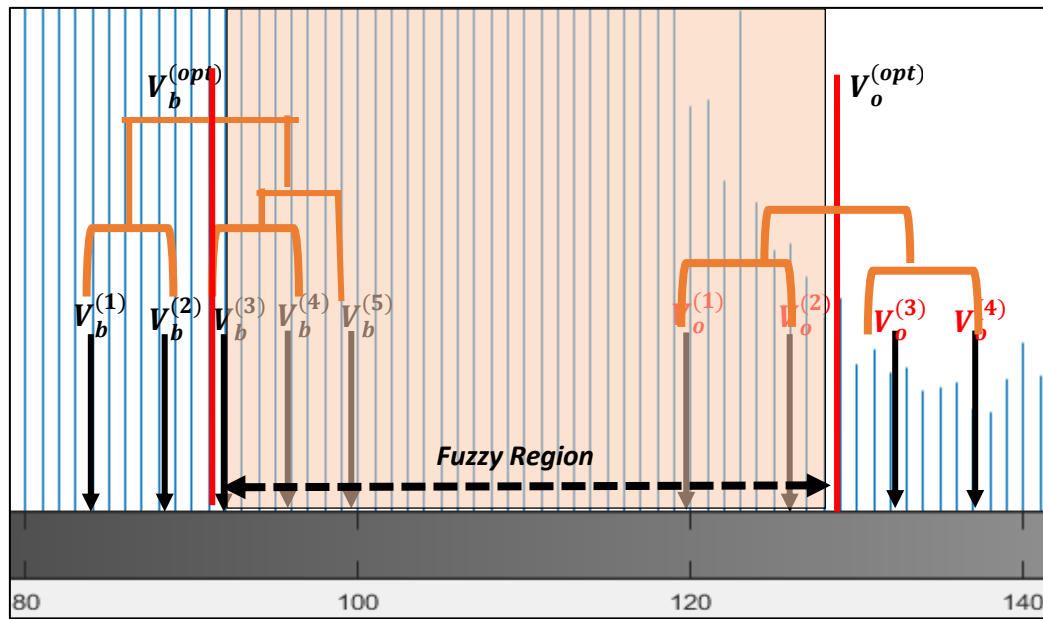
No	Nama Citra	(VB – VO)
1	Natural 1	45-168
2	Natural 2	77-181
3	Natural 3	2-240
4	Natural 4	52-168
5	Natural 5	2-190
6	Natural 6	2-190
7	Natural 7	100-151
8	Natural 8	2-140
9	Natural 9	27-73
10	Natural 10	86-238

Tabel 4.8 Parameter V_b dan V_o untuk citra Gigi

No	Nama Citra	(VB – VO)
1	Gigi 1	89 -108
2	Gigi 2	53-96
3	Gigi 3	61-94
4	Gigi 4	100 -203
5	Gigi 5	33-59
6	Gigi 6	101-146
7	Gigi 7	103-113
8	Gigi 8	68-88
9	Gigi 9	8-41
10	Gigi 10	71-92
11	Gigi 11	43-55
12	Gigi 12	9-13
13	Gigi 13	34-64
14	Gigi 14	26-46
15	Gigi 15	8-20

Hasil segmentasi metode MSRM pada Gambar 4.13 (d) menunjukan hasil yang lebih baik dengan tidak adanya *noise* pada hasil segmentasi. Pada metode MSRM proses *region merging* diukur berdasarkan *similarity histogram* dari *region*

dengan mengambil nilai *similarity* paling besar pada saat proses *merging* terhadap *background* dan objek. Pada citra groundtruth sebenarnya terdapat 2 yang objek terbentuk namun pada metode MSRM hanya 1 objek yang dapat diklasifikasi walaupun fitur kemiripan ke 2 objek itu sangat tinggi. Hal ini disebabkan karena proses adaptive *maximal similarity region merging* pada metode MSRM seperti diilustrasikan pada Gambar 4.14.

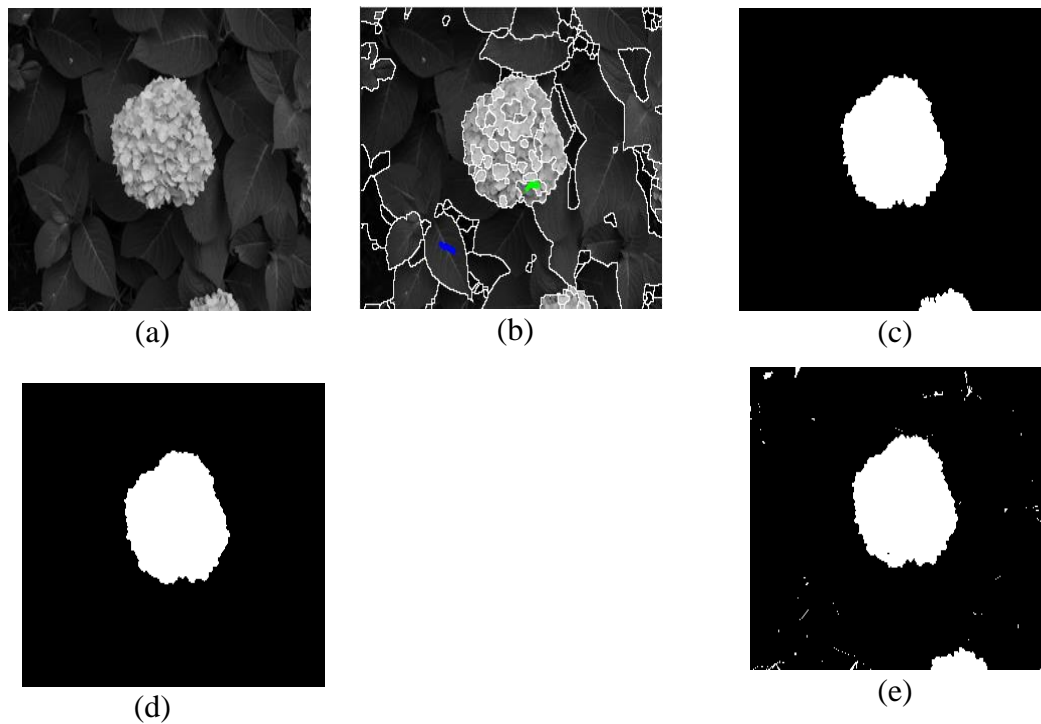


Gambar 4.12 Pengembangan selanjutnya dalam penentuan *parameter* optimal V_b dan V_o

Pada Gambar 4.14(a) menunjukan proses *region merging* pada non-marker *region*, terhadap *background* dan objek yang diilustrasikan dengan garis panah merah. Setiap iterasi akan dilakukan *region merging* dengan mencari nilai kemiripan paling tinggi sampai terisisa 2 *region*. Pada Gambar 4.14(b) menunjukan hasil *region merging* ke n, dapat kita lihat proses *region merging* untuk daerah objek baru dilakukan setelah daerah *background* terbentuk dikarena nilai *similarity* besar pada daerah *region background*. Hal ini menyebabkan nilai informasi pada *cluster* objek masih belum terbentuk, dan non-marker *region* f_i akan di *merging* ke daerah *background* dengan nilai *maximal similarity* paling besar.

Sesuai dengan ilustrasi pada Gambar 4.14 permasalahan pada metode MSRM dapat diatasi dengan menambahkan *marker region* pada *region* f_i sehingga

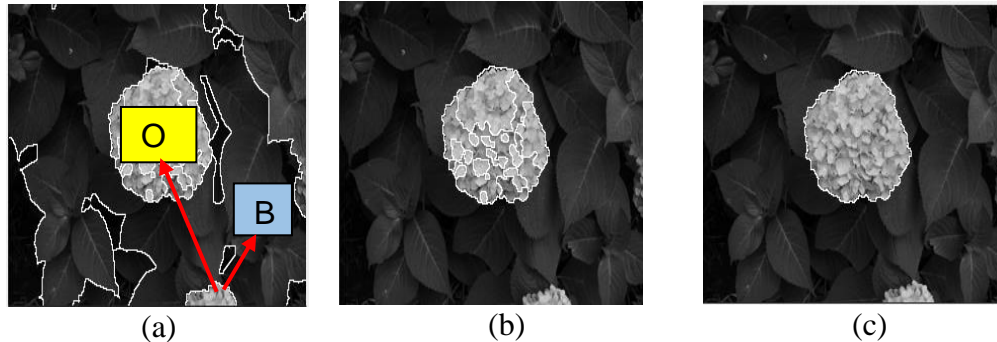
region tersebut akan diklasifikasikan sebagai informasi objek. Namun permasalahan akan terjadi pada citra yang memiliki daerah *ambiguous region* seperti ditunjukkan pada Gambar 4.15. Kita tidak bisa selalu tergantung pada proses *user marking* karena nilai informasi untuk proses *user marking* sangat sedikit dikarenakan terdapat beberapa daerah *ambiguous region*.



Gambar 4.13. Hasil segmentasi citra natural, (a) input citra, (b) inisial segmentasi, (c) grountruth, (d) MSRM, (e) RM-FS

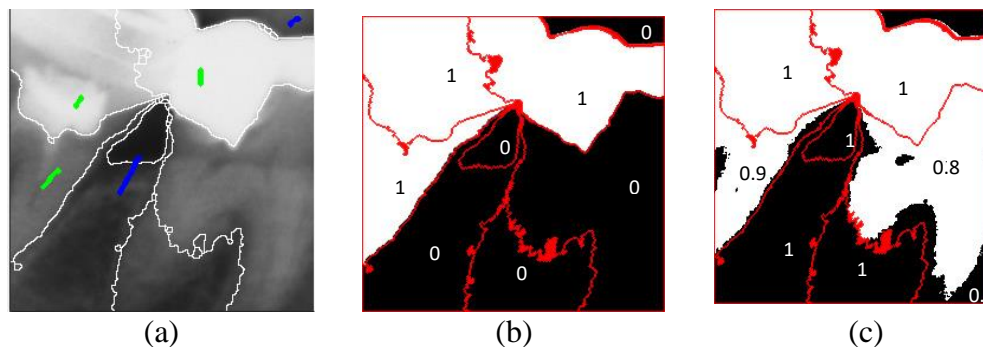
Kontribusi pada penelitian ini fokus pada proses *region merging* sehingga menghasilkan citra tersegmentasi. Pendekatan proses *region merging* selama ini yang diusulkan bersipat *crisp fuzzy* yang bersipat 0 dan 1 (*Binary Region Merging*). Permasalahan dari *Binary region merging* (BRM) tidak begitu efektif untuk citra yang memiliki daerah *ambiguous region* karena memiliki 2 nilai informasi pada *region*. Untuk mengatasi hal tersebut pada penelitian ini *ambiguous region* dapat dipisahkan menggunakan pengukuran *fuzzy similarity* dengan mencari nilai threshold pada *ambiguous region*. Pada Gambar 4.15 menunjukan perbedaan hasil segmentasi dengan pendekatan *Binary region merging* (BRM) dan *fuzzy region merging* (FRM). Pada Gambar 4.15(b) dapat kita lihat bahwa setiap *region* hanya

memiliki nilai 0 dan 1, berbeda dengan metode yang diusulkan pada Gambar 4.15(c) setiap *region* berada diantara 0 sampai 1.



Gambar 4.14 Proses *region merging* MSRM (a) Proses *region merging* ke-n, (b) hasil *region merging* ke-n, (c) Hasil segmentasi

Hasil uji coba pada citra gigi, metode yang diusulkan memiliki ketahanan yang lebih baik pada citra yang memiliki beberapa daerah *ambiguous region*. Terbukti dari Tabel 4.4 dimana nilai ME metode yang diusulkan lebih kecil daripada nilai ME metode MSRM. Dari Gambar 4.15 juga diketahui bahwa hasil segmentasi metode yang diusulkan lebih baik dalam penentuan daerah objek dan *background* dibandingkan pada hasil segmentasi metode MSRM.



Gambar 4.15 Hasil segmentasi (a) Inisial segmentasi (b). *Binary Region Merging* (MSRM), (c). *Fuzzy Region Merging* (RM-FS)

Pada penelitian ini juga dilakukan evaluasi terhadap pengukuran *fuzzy similarity* yang sebelumnya diusulkan oleh (Pratamasunu, Hu, Arifin, *et al.* 2015) dengan menentukan nilai *threshold global* pada citra. Pada Gambar 4.16(a) menunjukkan hasil segmentasi (Pratamasunu, Hu, Arifin, *et al.* 2015) dalam

penentuan *parameter* V_b dan V_o dihitung menggunakan *index of fuzziness* pada citra. Pada Gambar 4.16(b) penentuan *parameter* V_b dan V_o ditentukan dengan mengambil nilai dari *user marking* dan pengukuran tetap pada citra *global*. Pada metode yang diusulkan untuk citra 4.16(b) penentuan *parameter* V_b dan V_o juga diambil *user marking*, namun pengukuran dilakukan pada setiap lokal *region*. Pada Gambar 4.16(c) menunjukkan hasil segmentasi metode yang diusulkan lebih baik dibandingkan dengan *automatic FSM* dan *semi FSM*. Hal ini juga dibuktikan dengan rata-rata nilai *ME*, *Region Merging Fuzzy Similarity* yang lebih kecil dari *Global FSM* dan *Semi FSM* yang ditunjukkan pada Tabel 4.9.



Gambar 4.16. Perbandingan Hasil Segmentasi (A) *automatic Fuzzy Similarity*, (B) *Semi Fuzzy Similarity* (C) *RM-FS*

Metode yang diusulkan dalam proses *region merging* memberikan hasil segmentasi yang cukup akurat untuk citra natural dan gigi khususnya dalam mengatasi *ambiguous region*. Pada penelitian ini proses *region merging* yang dilakukan hanya mengukur informasi yang diperoleh dari fitur *gray level* pada citra. Oleh karena itu, untuk pengembangan penelitian lebih lanjut dapat dilakukan proses *region merging* dengan menggabungkan informasi dari fitur citra lainnya agar dapat diperoleh hasil segmentasi yang lebih akurat.

Dari Tabel 4.9 didapatkan bahwa hasil evaluasi performa metode yang diusulkan menghasilkan hasil segmentasi yang lebih baik dibandingkan dengan pengukuran *automatic FSM* dan *semi FSM* untuk sample citra natural dan gigi. Hal ini ditunjukkan dengan rata rata nilai *misclassification error* lebih kecil

dibandingkan dengan automatic FSM dan semi FSM yaitu 1.96 untuk citra natural dan 5.47 untuk citra gigi.

Tabel 4.9 Hasil Perbandingan Citra Uji Metode RM-FS dengan Global FSM dan Semi FSM pada Citra Natural, Menggunakan *Misclassification Error*

NO	Citra	<i>Misclassification Error (%)</i>		
		automatic FSM	Semi FSM	RM-FS
1	Natural 1	0.81	0.81	0.77
2	Natural 2	8.02	8.02	7.52
3	Natural 3	3.47	3.47	2.82
4	Natural 4	3.46	3.46	2.29
5	Natural 5	1.45	1.45	0.51
6	Natural 6	1.05	1.05	0.72
7	Natural 7	1.10	1.10	0.98
8	Natural 8	0.61	0.61	0.54
9	Natural 9	1.05	0.41	0.31
10	Natural 10	2.91	2.91	3.16
Rata-Rata		2.39	2.33	1.96

Tabel 4.10 Hasil Perbandingan Citra Uji Metode RM-FS dengan Automatic FSM dan Semi FSM pada Citra Gigi, Menggunakan *Misclassification Error*

NO	Citra	<i>Misclassification Error (%)</i>		
		Automatic FSM	Semi FSM	RM-FS
1	Gigi 1	43.07	27.75	14.38
2	Gigi 2	11.50	11.10	7.70
3	Gigi 3	11.74	11.74	5.95
4	Gigi 4	5.52	5.52	3.01
5	Gigi 5	11.74	11.74	8.82
6	Gigi 6	10.19	9.65	10.24
7	Gigi 7	58.72	11.80	9.06
8	Gigi 8	13.57	8.47	9.42
9	Gigi 9	3.36	3.36	3.95
10	Gigi 10	5.17	5.17	2.38
11	Gigi 11	1.51	1.43	1.09
12	Gigi 12	1.03	1.03	1.00
13	Gigi 13	6.50	6.50	3.78
14	Gigi 14	0.15	0.15	0.53
15	Gigi 15	0.52	0.52	0.68
Rata-Rata		12.29	7.73	5.47

Metode yang diusulkan dalam proses *region merging* memberikan hasil segmentasi yang cukup akurat untuk citra natural dan gigi khususnya dalam mengatasi *ambiguous region*. Pada penelitian ini proses *region merging* yang dilakukan hanya mengukur informasi yang diperoleh dari fitur *gray level* pada citra. Oleh karena itu, untuk pengembangan penelitian lebih lanjut dapat dilakukan proses *region merging* dengan menggabungkan informasi dari fitur citra lainnya agar dapat meningkatkan performa segmentasi.

BAB 5

KESIMPULAN

Pada bab ini akan diuraikan beberapa kesimpulan dari pembahasan dan analisis hasil yang telah dikerjakan pada Bab 4 yang disertai dengan saran untuk penelitian selanjutnya.

5.1 Kesimpulan

Beberapa kesimpulan yang dapat diambil dari penelitian *region merging* menggunakan pengukuran *fuzzy similarity* antara lain sebagai berikut:

1. Strategi *region merging* berdasarkan pengukuran *fuzzy similarity* berhasil digunakan untuk melakukan segmentasi pada citra natural dan citra gigi dengan performa berdasarkan rata-rata nilai ME 1.96% untuk citra natural dan 5.47% untuk citra gigi.
2. *Region splitting* menggunakan algoritma meanshift dalam membagi citra menjadi beberapa *region* kecil terbukti efektif untuk citra natural namun untuk citra gigi yang memiliki beberapa *ambiguous region* kurang begitu baik.
3. *User marking* terbukti efektif dalam merepresentasikan daerah objek dan background yang digunakan sebagai informasi tambahan pada proses *region merging*.
4. Tahap inisialisasi *fuzzy region* berdasarkan informasi dari proses *user marking* dapat dilakukan untuk menentukan daerah *fuzzy region* yang juga merupakan daerah *ambiguous region* pada citra.
5. Pengukuran *fuzzy similarity* pada *fuzzy region* dapat diukur dengan menentukan nilai threshold pada *fuzzy region* sehingga *ambiguous region* dapat dipisahkan.
6. Metode segmentasi yang diusulkan terbukti lebih baik berdasarkan nilai ME dalam mengatasi citra yang memiliki daerah *ambiguous region* dibandingkan dengan metode MSRM, Global FSM, dan Semi-FSM.

5.2 Saran

Saran pada penelitian ini berdasar hasil uji coba dan pembahasan yang telah dilakukan adalah sebagai berikut:

1. Pada penelitian ini proses *region merging* yang dilakukan hanya mengukur informasi yang diperoleh dari fitur *gray level* dan fungsi keanggotaan. Oleh karena itu, untuk pengembangan penelitian lebih lanjut dapat dilakukan proses *region merging* dengan menggabungkan informasi dari fitur citra lainnya seperti informasi spatial, tekstur, dan bentuk, agar dapat diperoleh hasil segmentasi yang lebih akurat.
2. Penentuan nilai V_B dan V_o hanya mengambil nilai maksimal dan minimal *gray level* pada proses *user marking*. Pada pengembangan selanjutnya perlu dilakukan optimasi parameter V_B dan V_o paling optimal dari beberapa parameter yang diproses menggunakan *hierarchical cluster analysis* (HCA) (Arifin & Asano, 2006) sehingga penentuan *fuzzy region* dapat lebih optimal.

DAFTAR PUSTAKA

- Achanta, R., Shaji, A., Smith, K., Lucchi, A., Fua, P. and Süsstrunk, S. (2012) 'SLIC superpixels compared to state-of-the-art superpixel methods', *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 34(11), pp. 2274–2281. doi: 10.1109/TPAMI.2012.120.
- Adams, R. and Bischof, L. (1994) 'Seeded region growing', *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 16(6), pp. 641–647. doi: 10.1109/34.295913.
- Arifin, A. Z. and Asano, A. (2005) 'Image Thresholding by Measuring The Fuzzy Sets', *Proc. Information dan Technology Seminar*, pp. 189–194.
- Arifin, A. Z. and Asano, A. (2006) 'Image segmentation by histogram thresholding using hierarchical cluster analysis', *Pattern Recognition Letters*, 27(13), pp. 1515–1521. doi: 10.1016/j.patrec.2006.02.022.
- Boykov, Y. Y. (2001) 'Interactive Graph Cuts for Optimal Boundary & Region Segmentation of Objects in N-D Images', *Computer Vision, 2001. ICCV 2001. Proceedings. Eighth IEEE International Conference on*, (July), pp. 105–112.
- Chamorro-Martínez, J., Sánchez, D., Prados-Suárez, B. and Galán-Perales, E. (2005) 'Fuzzy Homogeneity Measures for Path-based Colour Image Segmentation', pp. 218–223.
- Comaniciu, D., Meer, P. and Member, S. (2002) 'Mean Shift : A Robust Approach Toward Feature Space Analysis', *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, 24(5), pp. 603–619.
- Dong, R., Wang, B., Li, S., Zhou, Z., Li, S. and Wang, Z. (2016) 'Interactive image segmentation with color and texture information by region merging', *Control and Decision Conference (CCDC), 2016 Chinese*, 1(3), pp. 777–783.
- Fida, E., Baber, J., Bakhtyar, M. and Iqbal, M. J. (2015) 'Automatic Image Segmentation Based on Maximal Similarity Based Region Merging', *Digital Image Computing: Techniques and Applications (DICTA), 2015 International Conference on*, pp. 1–8. doi: 10.1109/DICTA.2015.7371236.
- Forsyth, D. A. and Ponce J. (2002) 'Computer Vision: A Modern Approach', in. Prentice Hall.
- Friedland, G., Jantz, K. and Rojas, R. (2005) 'SIOX: Simple interactive object extraction in still images', *Proceedings - Seventh IEEE International Symposium on Multimedia, ISM 2005*, 2005, pp. 253–259. doi: 10.1109/ISM.2005.106.
- Haris, K., Efstratiadis, S. N., Maglaveras, N. and Katsaggelos, A. K. (1998) 'Hybrid


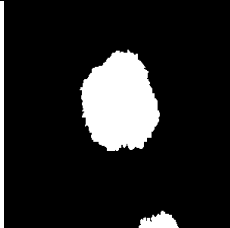
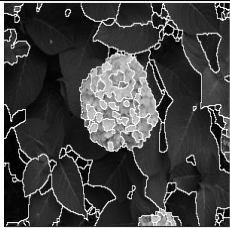

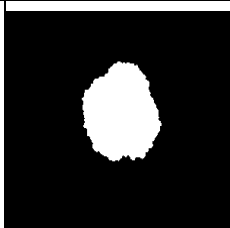
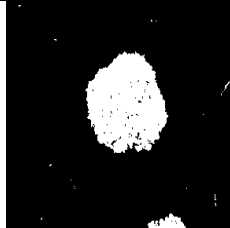
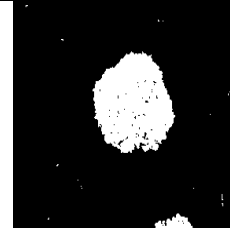

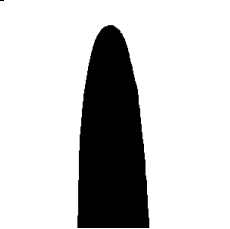
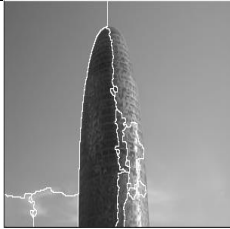
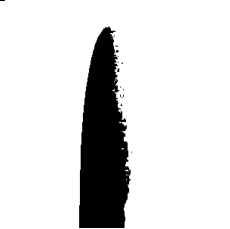
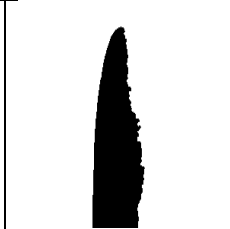
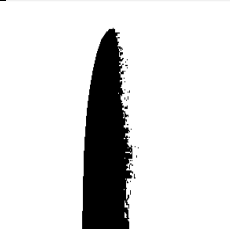
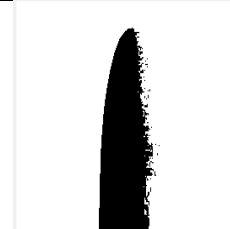



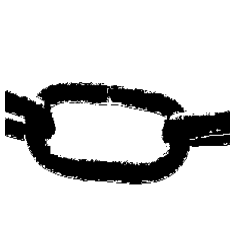
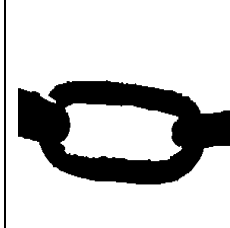
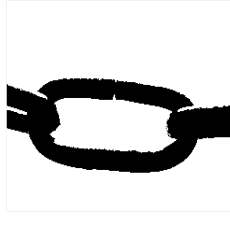
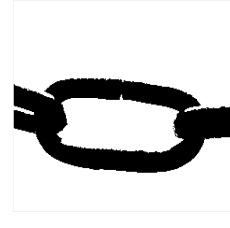
- image segmentation using watersheds and fast region merging’, *IEEE Transactions on Image Processing*, 7(12), pp. 1684–1699. doi: 10.1109/83.730380.
- Jian, M. and Jung, C. (2016) ‘Interactive Image Segmentation Using Adaptive Constraint Propagation’, 25(3), pp. 1301–1311.
- Kass, M., Witkin, a. and Terzopoulos, D. (1988) ‘Snakes: Active contour models’, *International Journal of Computer Vision*, 1(4), pp. 321–331. doi: 10.1007/BF00133570.
- Li, Y., Sun, J., Tang, C.-K. and Shum, H.-Y. (2004) ‘Lazy snapping’, *ACM Transactions on Graphics*, 23(3), p. 303. doi: 10.1145/1015706.1015719.
- Liu, L., Tao, W., Liu, J. and Tian, J. (2011) ‘A variational model and graph cuts optimization for interactive foreground extraction’, *Signal Processing*. Elsevier, 91(5), pp. 1210–1215. doi: 10.1016/j.sigpro.2010.11.009.
- Lopes, N. V., Mogadouro, P. A., Bustince, H. and Melo-pinto, P. (2010) ‘Automatic Histogram Threshold Using Fuzzy Measures’, *IEEE Transactions on Image Processing*, 19(1), pp. 199–204.
- McGuinness, K. and O’Connor, N. E. (2010) ‘A comparative evaluation of interactive segmentation algorithms’, *Pattern Recognition*, 43(2), pp. 434–444. doi: 10.1016/j.patcog.2009.03.008.
- Nguyen, T. N. A., Cai, J., Zheng, J. and Li, J. (2013) ‘Interactive object segmentation from multi-view images’, *Journal of Visual Communication and Image Representation*. Elsevier Inc., 24(4), pp. 477–485. doi: 10.1016/j.jvcir.2013.02.012.
- Ning, J., Zhang, L., Zhang, D. and Wu, C. (2010) ‘Interactive image segmentation by maximal similarity based region merging’, *Pattern Recognition*. Elsevier, 43(2), pp. 445–456. doi: 10.1016/j.patcog.2009.03.004.
- Pavlidis, T. (1977) *Structural Pattern Recognition*. Springer-Verlag Berlin Heidelberg.
- Prados-Suárez, B., Sánchez, D. and Chamorro-Martínez, J. (2008) ‘A similarity measure between fuzzy regions to obtain a hierarchy of fuzzy image segmentations’, *IEEE International Conference on Fuzzy Systems*, pp. 1647–1654. doi: 10.1109/FUZZY.2008.4630592.
- Pratamasunu, G. Q. O., Hu, Z., Arifin, A. Z., Yuniarti, A., Navastara, D. A., Wijaya, A. Y., Khotimah, W. N. and Asano, A. (2015) ‘Image Thresholding Based on Index of Fuzziness and Fuzzy Similarity Measure’, *Computational Intelligence and Applications (IWCIA), 2015 IEEE 8th International Workshop on*, 8, pp. 161–166.
- Salembier, P. and Garrido, L. (2000) ‘Binary partition tree as an efficient representation for image processing, segmentation, and information retrieval’, *IEEE Transactions on Image Processing*, 9(4), pp. 561–576. doi:



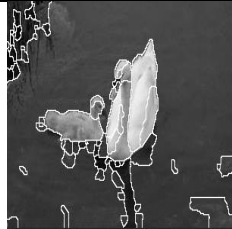
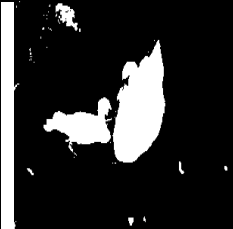
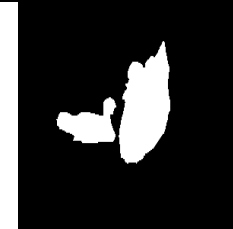
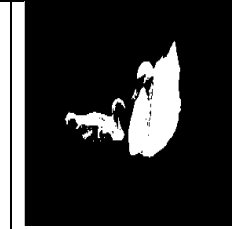
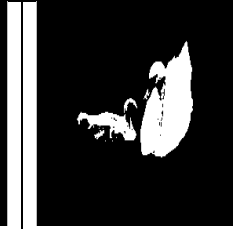

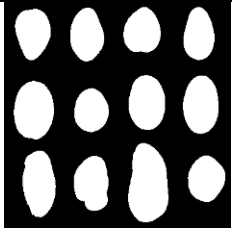

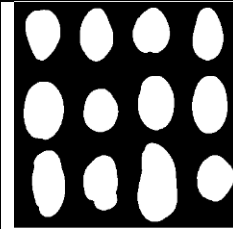
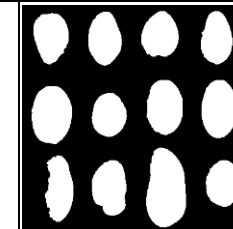
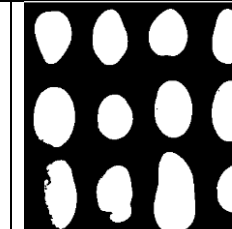
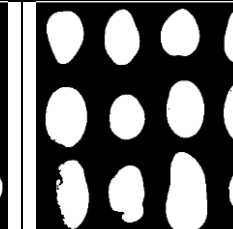
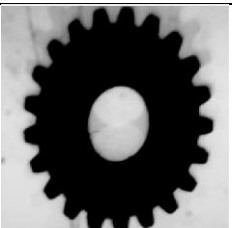
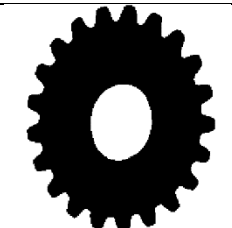
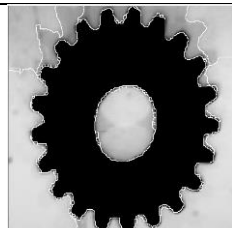
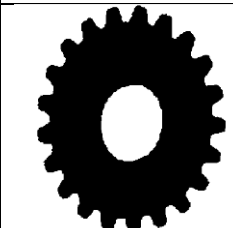
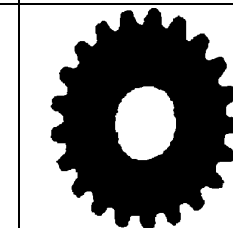
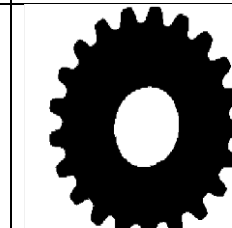
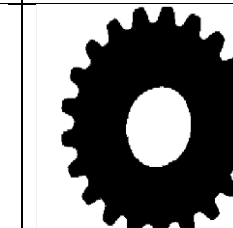
10.1109/83.841934.

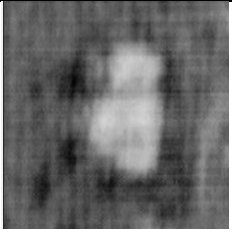

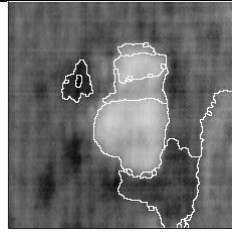
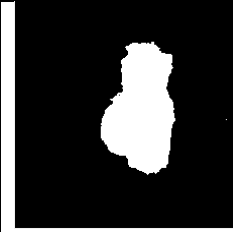

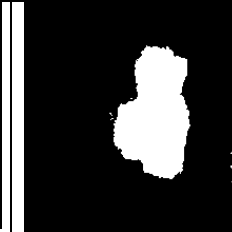
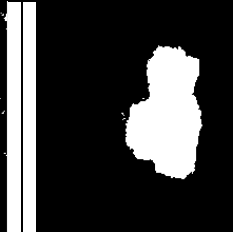

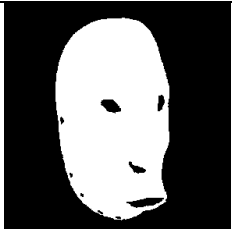
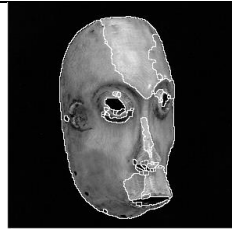
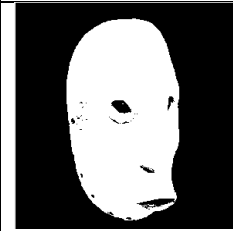
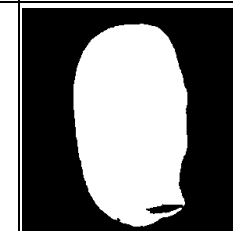
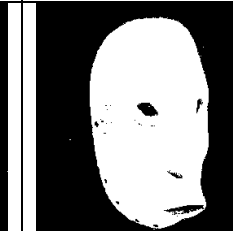
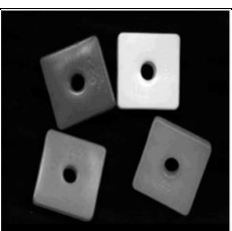
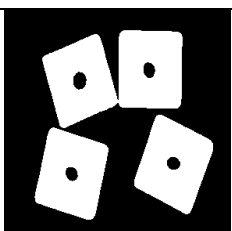
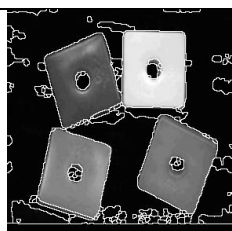
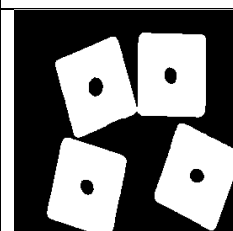
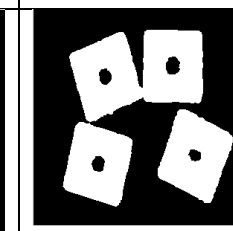
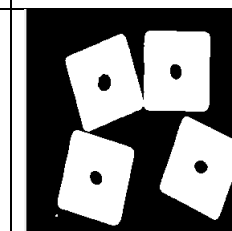
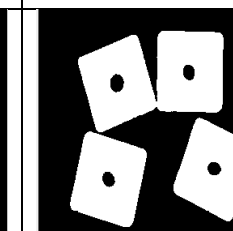




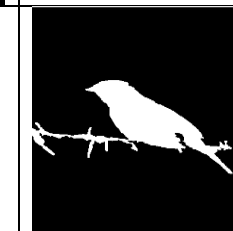


- Sankoh, A. S., Arifin, A. Z. and Wijaya, A. Y. (2016) 'Extracted Pixels Similarity Features (EPSF) using Interactive Image Segmentation Techniques', *International Journal of Computer Applications*, 136, pp. 1–8.
- Tizhoosh, H. R. (2005) 'Image thresholding using type II fuzzy sets', *Pattern Recognition*, 38(12), pp. 2363–2372. doi: 10.1016/j.patcog.2005.02.014.
- Tobias, O. J. and Seara, R. (2002) 'Image segmentation by histogram thresholding using fuzzy sets', *IEEE Transactions on Image Processing*, 11(12), pp. 1457–1465. doi: 10.1109/TIP.2002.806231.
- Vincent, L., Vincent, L. and Soille, P. (1991) 'Watersheds in Digital Spaces: An Efficient Algorithm Based on Immersion Simulations', *IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence*, pp. 583–598. doi: 10.1109/34.87344.
- Yao, H., Duan, Q., Li, D. and Wang, J. (2013) 'An improved K-means clustering algorithm for fish image segmentation', *Mathematical and Computer Modelling*. Elsevier Ltd, 58(3–4), pp. 790–798. doi: 10.1016/j.mcm.2012.12.025.
- Zadeh, L. a. (1965) 'Fuzzy sets', *Information and Control*, 8(3), pp. 338–353. doi: 10.1016/S0019-9958(65)90241-X.
- Zainal Arifin, A., Fitri Heddyanna, A. and Studiawan, H. (2010) 'Ultrafuzziness Optimization Based on Type II Fuzzy Sets for Image Thresholding', *ITB Journal of Information and Communication Technology*, 4(2), pp. 79–94. doi: 10.5614/itbj.ict.2010.4.2.2.

[halaman ini sengaja dikosongkan]

Lampiran 1. Hasil Segmentasi Citra Natural

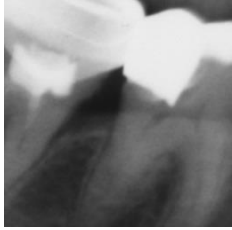

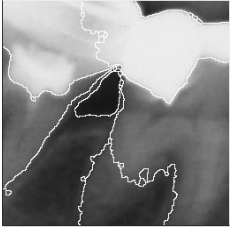






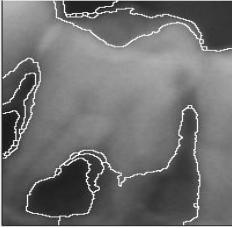




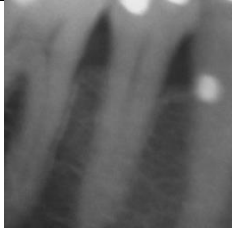

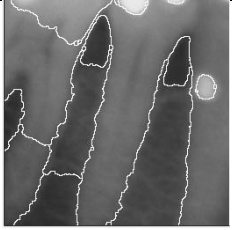
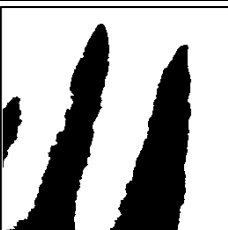



No	Citra Asli	Ground truth	Region Splitting	RM-FS (Metode Usulan)	MSRM	Global FSM	Semi FSM
1							
2							
3							

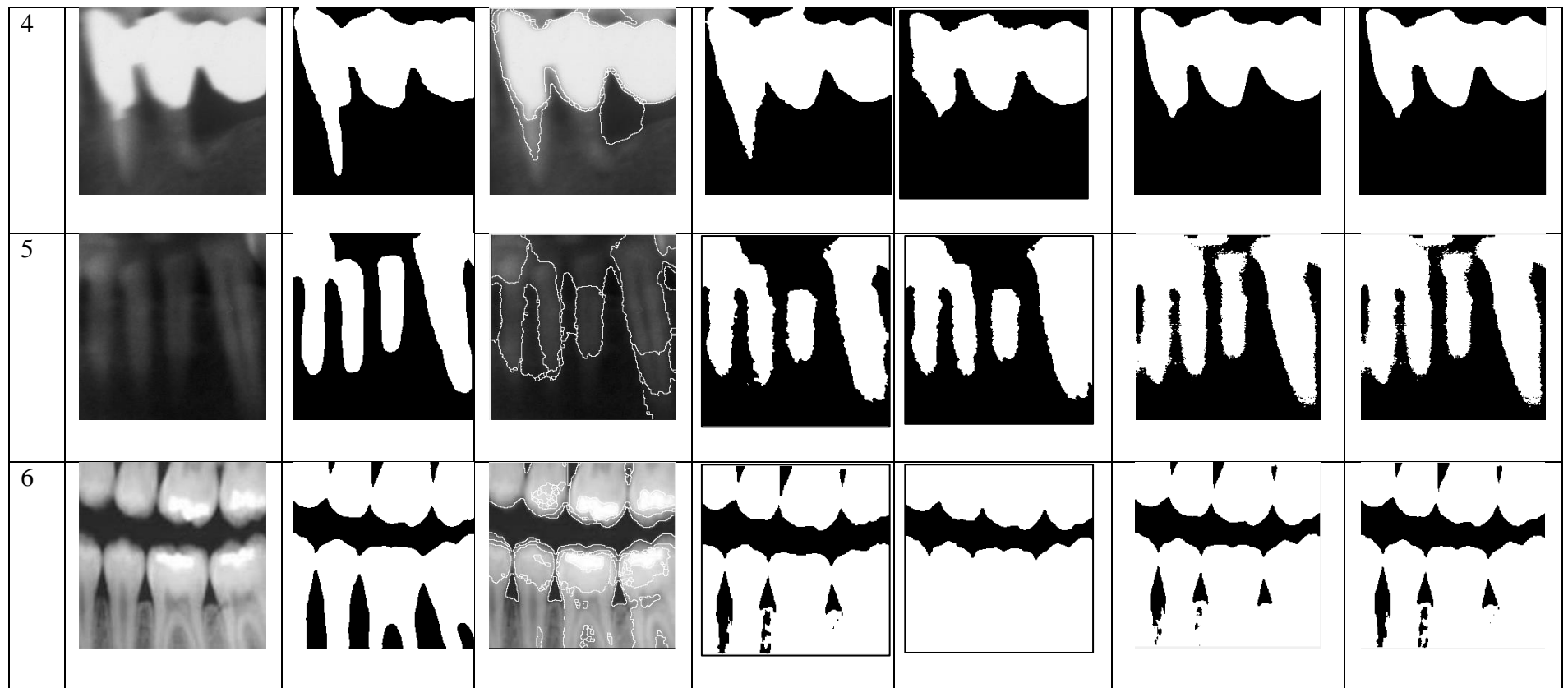
4							
5							
6							

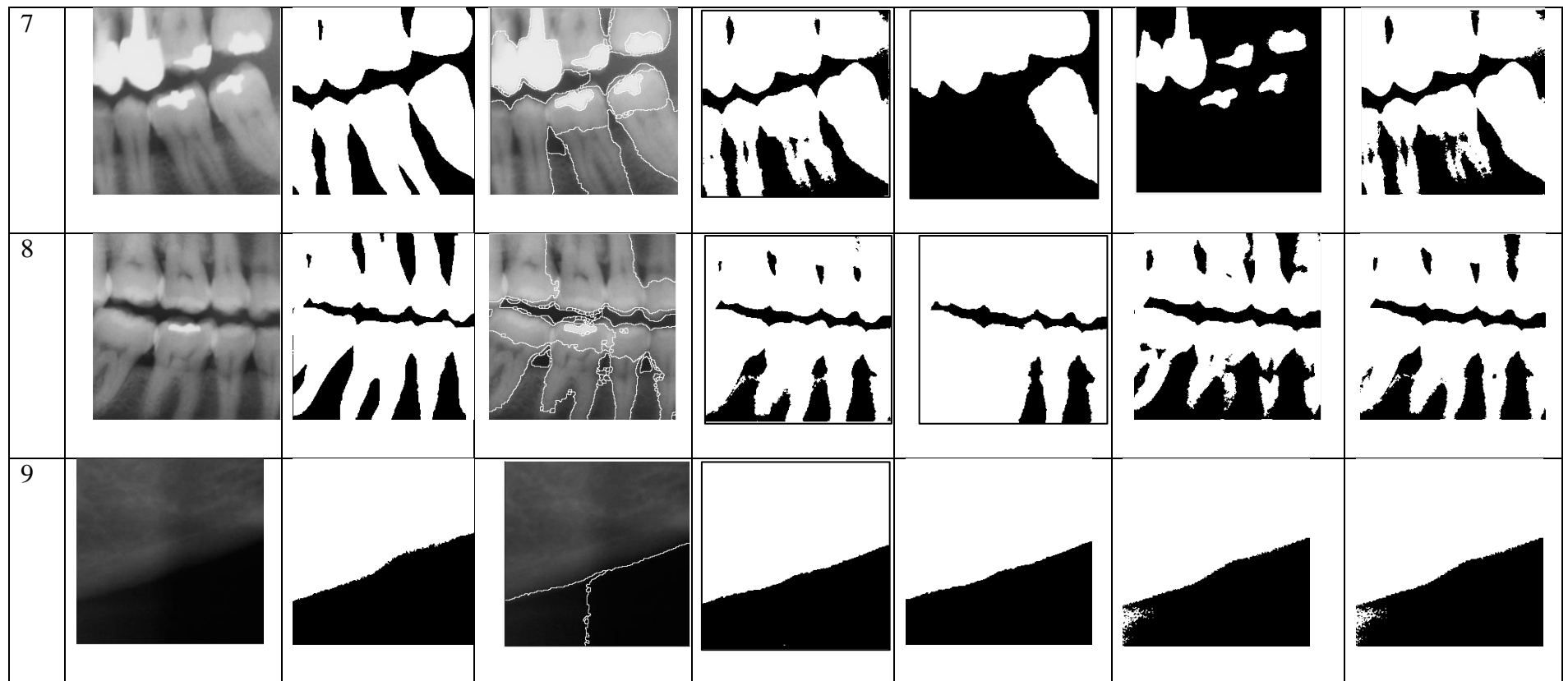
7							
8							
9							
10							



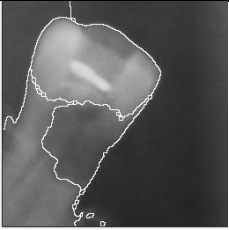




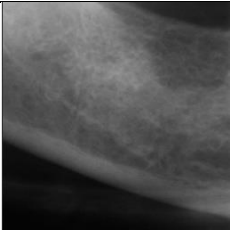

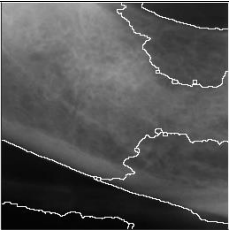




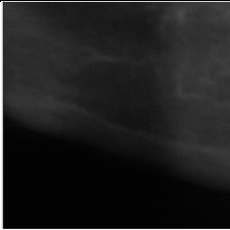




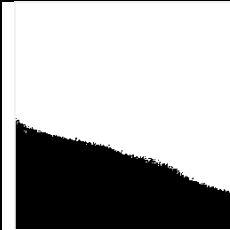
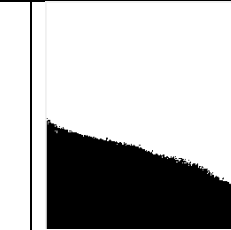
[halaman ini sengaja dikosongkan]

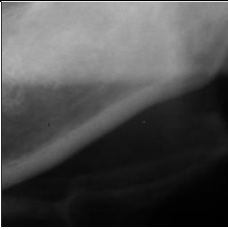

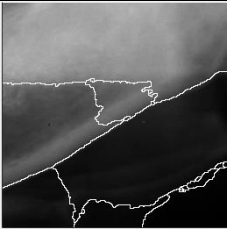




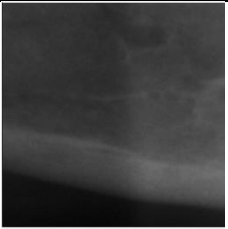




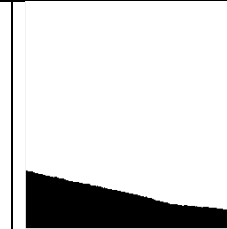
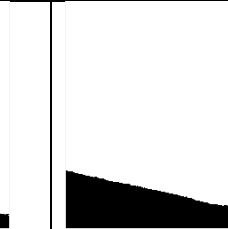

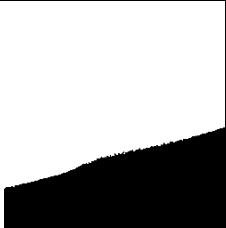
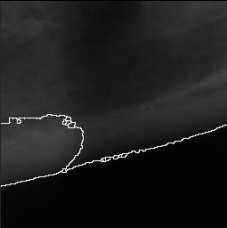


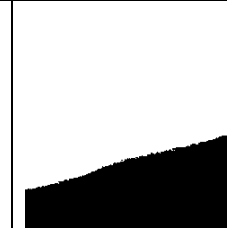
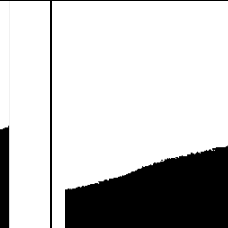
Lampiran 2. Hasil Segmentasi Citra Gigi

No	Citra Asli	Ground truth	Region Splitting	RM-FS	MSRM	automatic FSM	Semi FSM
1							
2							
3							



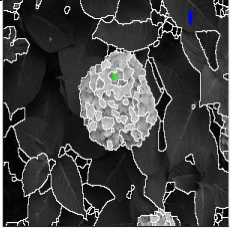
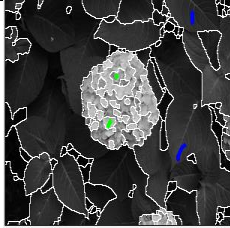
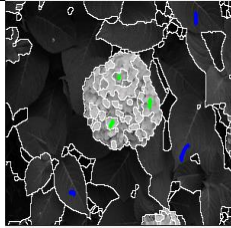


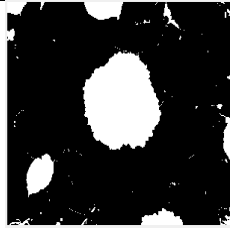
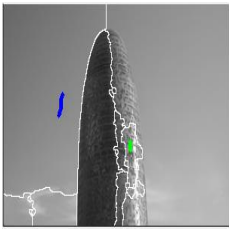
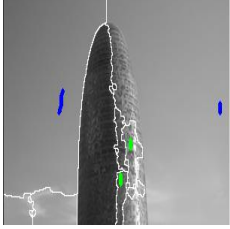
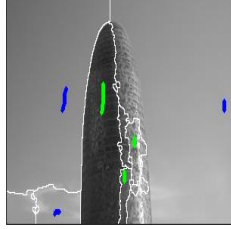
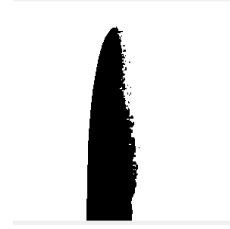
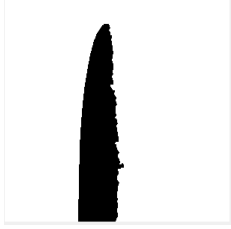
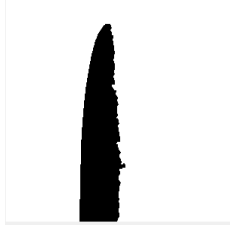
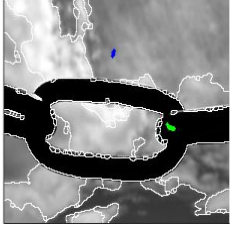
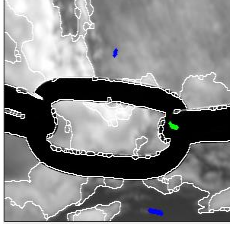
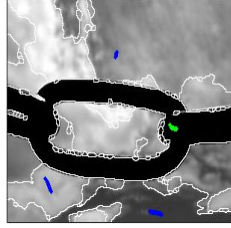
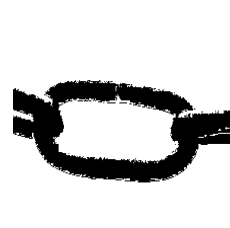
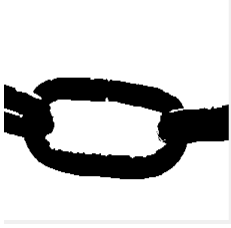



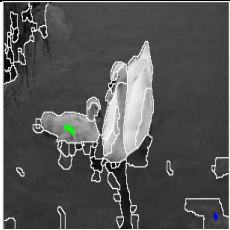
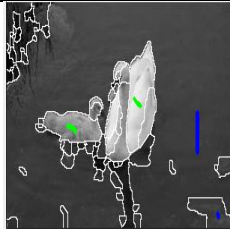
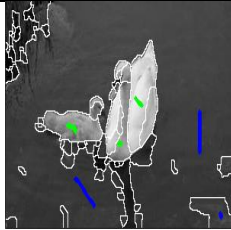
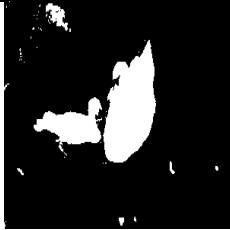
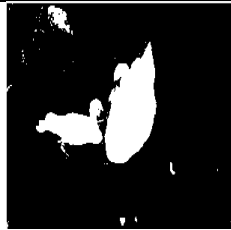


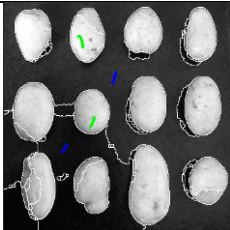

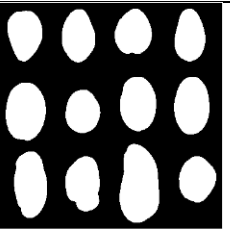
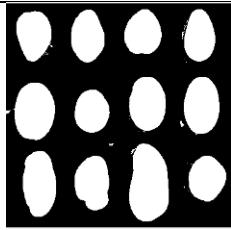
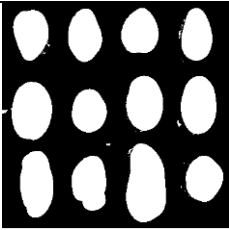
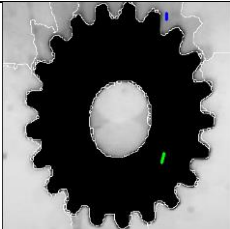


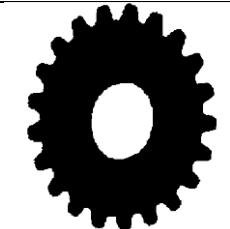
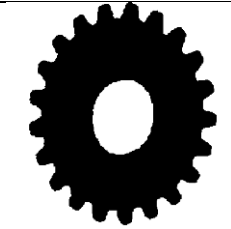
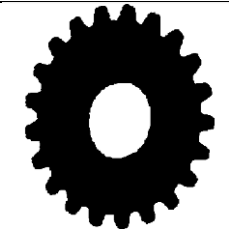
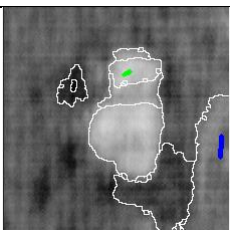
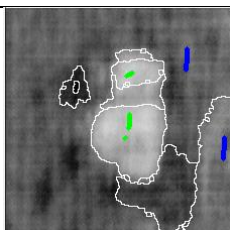
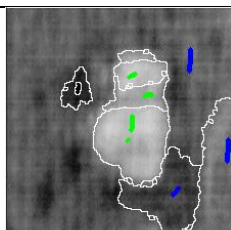



10							
11							
12							

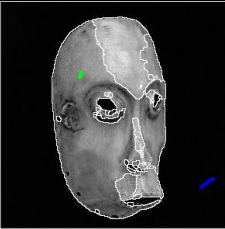
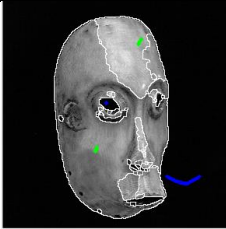
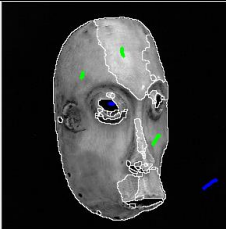
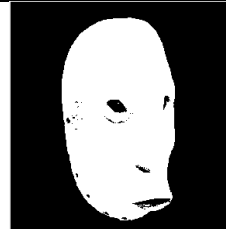
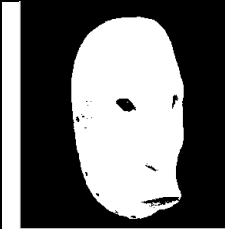
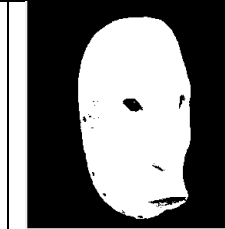
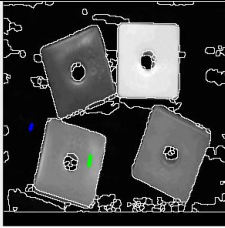
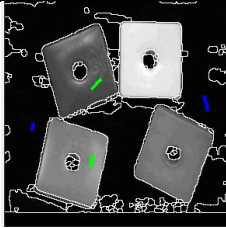
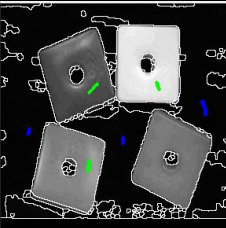
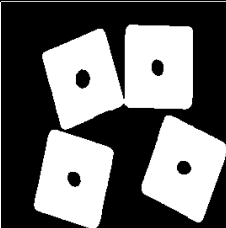
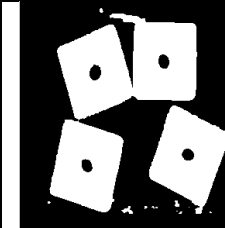
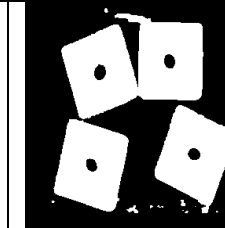
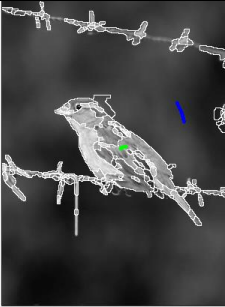
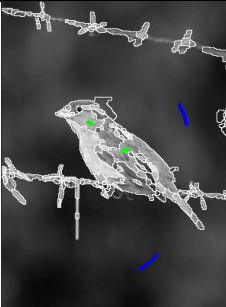
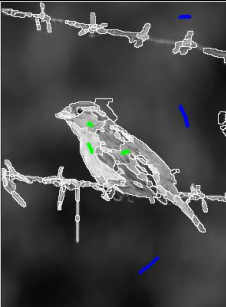



13							
14							
15							

[halaman ini sengaja dikosongkan]

Lampiran 3. Hasil Segmentasi Citra Natural Berdasarkan Jumlah *Marker*

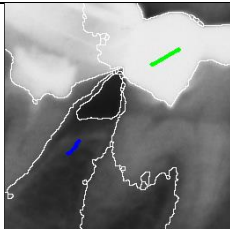
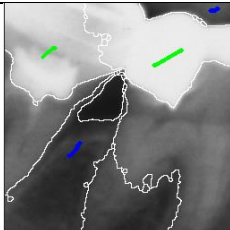
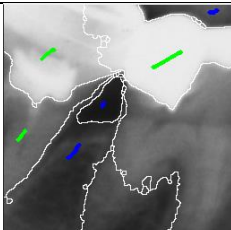



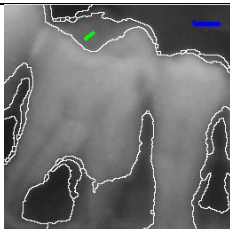
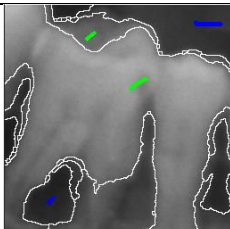
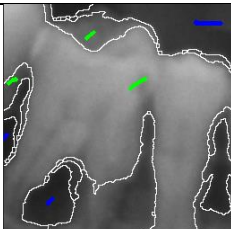
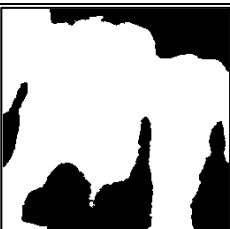
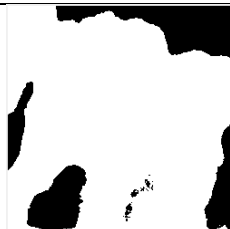

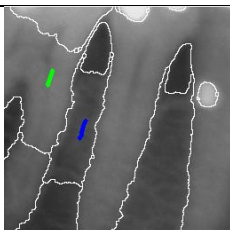
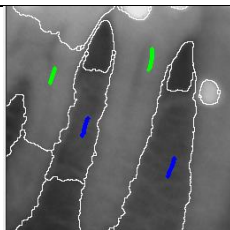
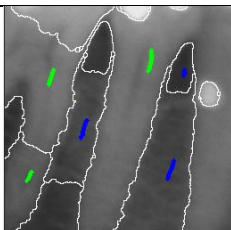
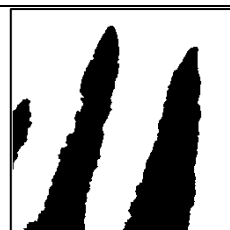

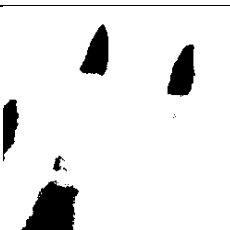
No	Marker 1	Marker 2	Marker 3	Hasil Segmentasi Marker 1	Hasil Segmentasi Marker 2	Hasil Segmentasi Marker 3
1						
2						
3						

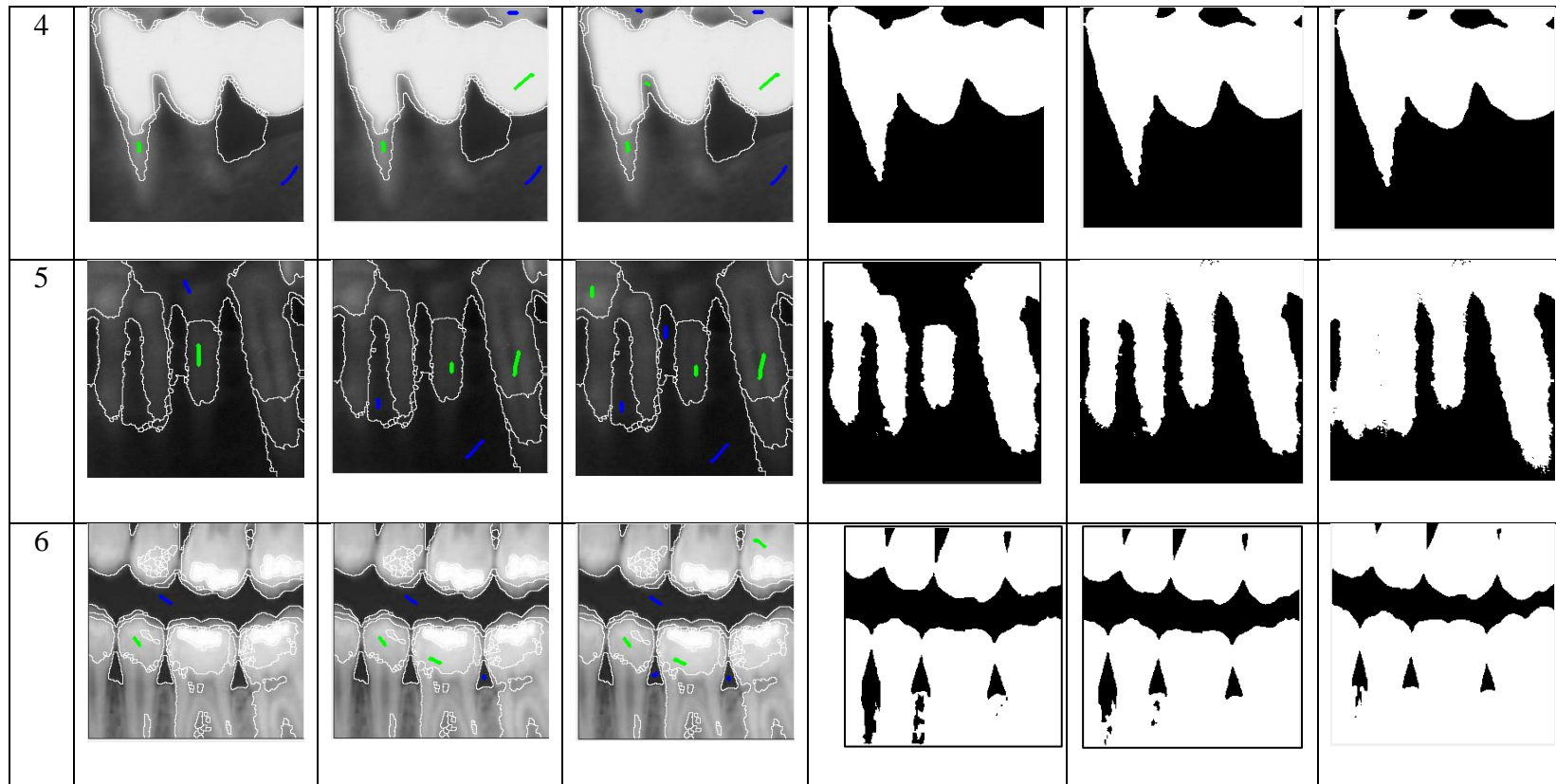
4						
5						
6						
7						

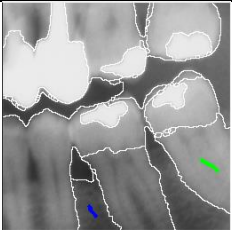
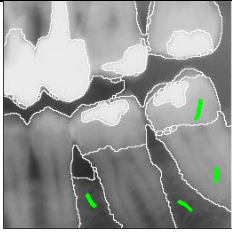
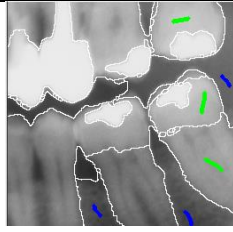



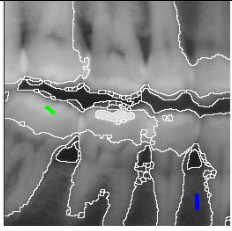
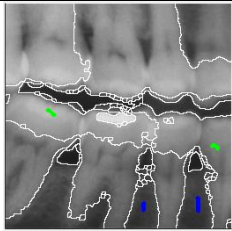
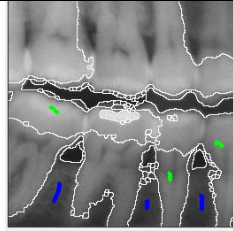


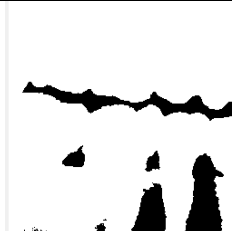
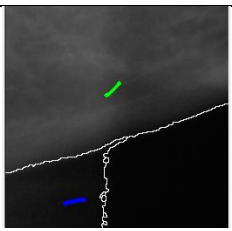
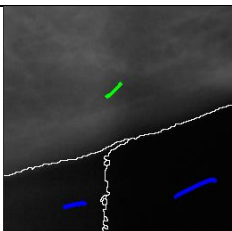
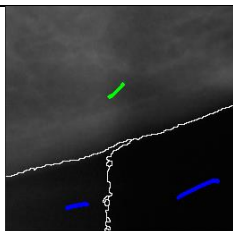



8						
9						
10						

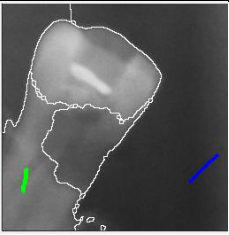
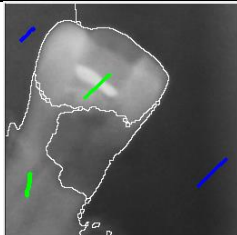
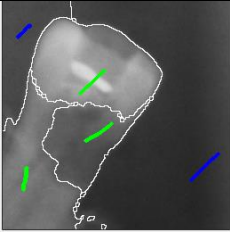



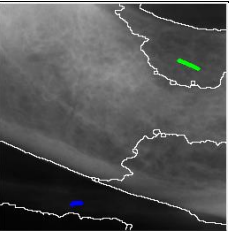
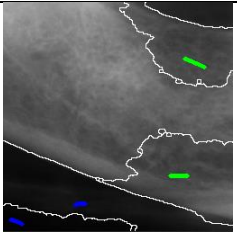
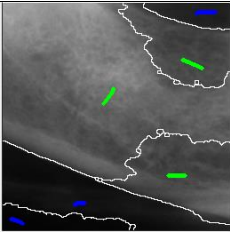

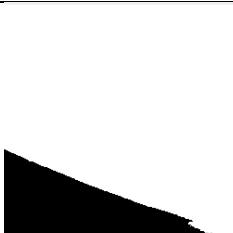
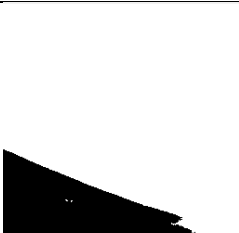
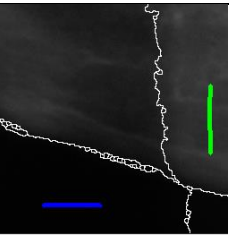
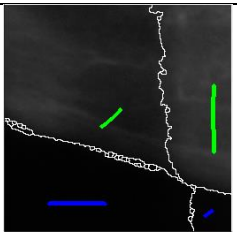
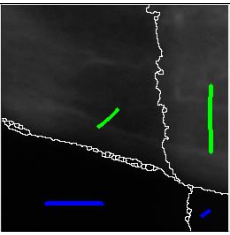
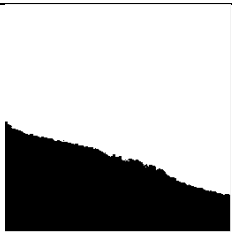
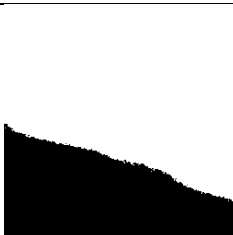
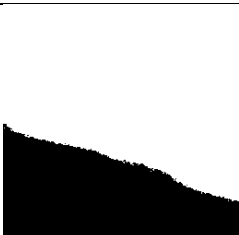
[halaman ini sengaja dikosongkan]

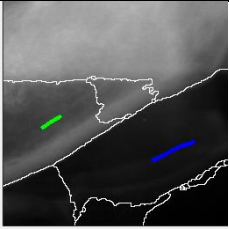
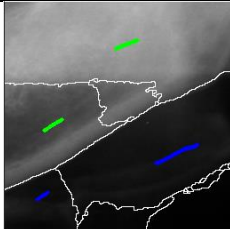
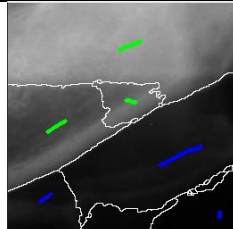

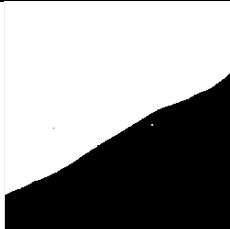

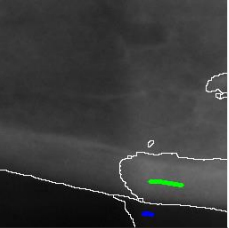
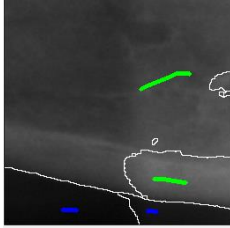
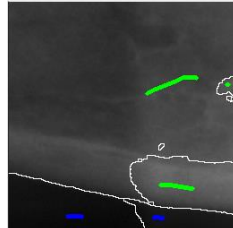



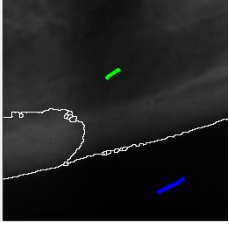
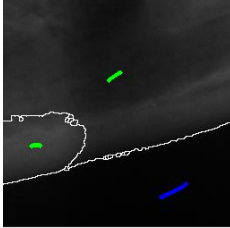
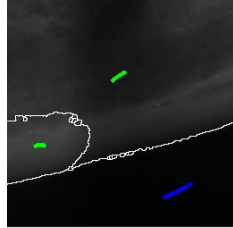



Lampiran 4. Hasil Segmentasi Citra Gigi Berdasarkan Jumlah *Marker*

No	Marker 1	Marker 2	Marker 3	Hasil Segmentasi Marker 1	Hasil Segmentasi Marker 2	Hasil Segmentasi Marker 3
1						
2						
3						



7						
8						
9						

10						
11						
12						

13						
14						
15						

[halaman ini sengaja dikosongkan]

BIOGRAFI PENULIS



Wawan Gunawan, lahir pada tanggal 17 Agustus 1991 di Kabupaten Ciamis, Provinsi Jawa Barat. Penulis adalah anak dari pasangan Bapak Agus Sujana dan Ibu Neneng Jubaedah. Setelah menempuh pendidikan formal di SDN 1 Kertamandala, SMP Negeri 1 Panjalu , dan SMA Negeri 1 Kawali, pada tahun 2010 penulis melanjutkan pendidikan ke perguruan tinggi dengan mengambil program studi S1 Sistem Informasi di STMIK Teknokrat Lampung. Kemudian, penulis melanjutkan pendidikan ke jenjang yang lebih tinggi lagi dengan mengambil S2 Teknik Informatika di Institut Teknologi Sepuluh Nopember Surabaya (ITS) pada tahun 2015.

Data pribadi penulis:

Nama : Wawan Gunawan
Alamat : Kertamandala, Kec. Panjalu, Kab. Ciamis, Jawa Barat.
Telp/HP : 0853-5785-1971
Email : gunawanwawan15@gmail.com

[halaman ini sengaja dikosongkan]